NOVA

4
VMBO-KGT
HANDBOEK

NASK 1

MALMBERG



NASK1

4 VMBO-KGT

Auteurs

F. Kappers

C. Schatorjé

Eindredactie

L. Pijnappels

Met medewerking van

R. Tromp

M. Eijkelkamp

Th. Smits

Vierde editie

MALMBERG 's-Hertogenbosch

www.nova-malmberg.nl

Voorwoord

De methode
De methode *Nova* bestaat uit een handboek (dit boek), twee werkboeken, digitaal materiaal en twee uitwerkingenboeken.

In het handboek staat alle leerstof die je moet leren. Bovendien wordt achter in het handboek uitgelegd welke vaardigheden je bij het examen nodig hebt.

In het werkboek staan opgaven die je helpen om de leerstof te onthouden en toe te passen. De opgaven zijn opgesplitst in leerstofvragen, waarvan de antwoorden vaak letterlijk in de theorie staan, en toepassingsvragen. Voor sommige opgaven staat een sterretje (*). Die zijn wat moeilijker.
Je kunt alle antwoorden en uitwerkingen in het werkboek invullen.
Elk hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal proeven (practica) en Test-Jezelf-opgaven.

Het digitale materiaal bevat oefentoetsen, verwerkingsopgaven en de V-trainer, waarmee je vaardigheden kunt oefenen.

Basisstof en plusstof
De meeste leerstof in het boek werk je samen met de hele klas door. Dit is de basisstof die alle leerlingen moeten kennen. Aan het einde van elke paragraaf staat plusstof. Meestal is de plusstof iets moeilijker dan de basisstof.

Zelfstandig werken
Met *Nova* kun je goed zelfstandig werken. Je kunt alleen of met een groepje opgaven maken, onderzoek doen of jezelf overhoren met de Test-Jezelf-opgaven. Je zult ook af en toe uitleg krijgen met de hele klas.
Als je zelfstandig werkt, is het handig om een planning te maken. Dat betekent dat je van tevoren opschrijft wat je gaat doen en wanneer.

Het PTA
Je sluit dit jaar af met het centraal examen. In het PTA (het Programma van Toetsing en Afsluiting) staat uit welke onderdelen het centraal examen bestaat. Je docent kan je daar meer over vertellen.

We hopen dat je veel plezier zult beleven tijdens het werken met dit boek en met de andere onderdelen van *Nova*.

Veel succes, ook bij het maken van het examen!

De auteurs

Inhoudsopgave

9 Schakelingen

10 Bewegingen

11 Kracht en beweging

Vaardigheden



1 Krachten

Werken met krachten

Gebouwen en bruggen moeten tegen grote krachten bestand zijn. Als op één onderdeel te grote krachten werken, kan de hele constructie het begeven. Daarom moeten de krachten zorgvuldig over de constructie worden verdeeld. Ingenieurs zijn soms jaren bezig om een goed ontwerp te maken.

1 Soorten krachten

Een voetballer kopt een bal weg. Aan de vervorming van de bal kun je zien dat er kracht op de bal werkt.



▲ afbeelding 1
Bij touwtrekken werken verschillende krachten.



▲ afbeelding 2
Krachten meet je met een krachtmeter.

De effecten van krachten

Overal om je heen werken krachten. Een touwtrekwedstrijd is een goed voorbeeld (afbeelding 1). Daarbij werken verschillende krachten, zoals de spierkracht waarmee de touwtrekkers zich afzetten, de spankracht in het touw en de wrijvingskracht tussen het touw en de handen van de touwtrekkers.

Krachten kunnen verschillende effecten hebben:
– Een kracht kan de vorm van een voorwerp veranderen.
  Soms is de vervorming maar tijdelijk. Dat zie je bij een duikplank. Als je op het uiteinde gaat staan, buigt de plank door. Als je er afspringt, krijgt de plank zijn oorspronkelijke vorm weer terug. Krachten kunnen een voorwerp ook blijvend vervormen. Dat zie je bij een klomp klei die een pottenbakker bewerkt.
– Een kracht kan de beweging van een voorwerp op twee manieren veranderen.
  Krachten kunnen de snelheid van het voorwerp groter of kleiner maken. Krachten kunnen het voorwerp ook van richting laten veranderen.

Krachten meten Proef 1

Krachten kun je meten met een krachtmeter. In zo'n krachtmeter zit een spiraalveer. Hoe groter de kracht waarmee je aan de krachtmeter trekt, des te verder rekt de veer uit (afbeelding 2).

Voor het meten van grote krachten gebruik je een krachtmeter met een stugge veer. Voor het meten van kleine krachten gebruik je een krachtmeter met een soepele veer.

Op een krachtmeter staat een schaalverdeling in newton. De newton (N) is de eenheid waarin je alle krachten meet.

Krachten tekenen

Een kracht heeft een grootte, een richting en een aangrijpingspunt. Daarom noem je een kracht een **vector**. Een kracht teken je als een pijl, net als een vector.
– De lengte van de pijl geeft de grootte van de kracht aan.
– De richting van de pijl geeft de richting van de kracht aan.
– Het beginpunt van de pijl geeft het aangrijpingspunt aan.

Als je een kracht tekent, kies je eerst een **krachtenschaal**. Bijvoorbeeld: 1 cm ≙ 5 N. Dat betekent dat een pijl met een lengte van 1 cm een kracht van 5 N voorstelt. Een kracht van 15 N teken je op deze schaal als een pijl van 3 cm.

Soorten krachten

Er zijn verschillende soorten krachten:

Zwaartekracht
Op elk voorwerp op aarde werkt de aantrekkingskracht van de aarde. Deze aantrekkingskracht noem je de **zwaartekracht** (F_z). Als je de massa van een voorwerp kent, kun je de zwaartekracht berekenen met:

$$F_z = m \cdot g$$

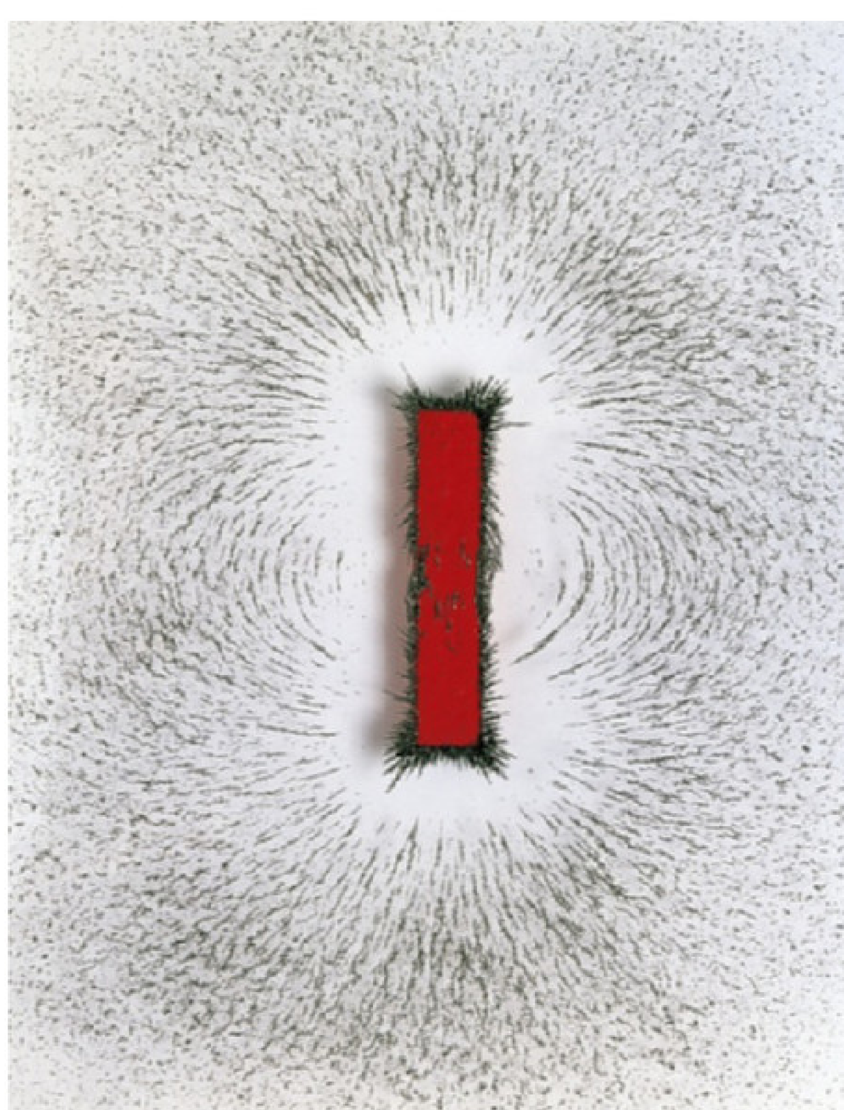
Op aarde is de waarde van g 9,8 newton per kg (N/kg). Meestal gebruik je de afgeronde waarde: 10 N/kg. Een voorwerp met een massa van 1 kg ondervindt dus op aarde een zwaartekracht van (afgerond) 10 N. Op de maan is de waarde van g 1,6 N/kg. Daardoor is de zwaartekracht op de maan veel kleiner dan op de aarde.

Veerkracht
Je kunt een veerkrachtig voorwerp niet zomaar uitrekken of in elkaar drukken. Je voelt dan dat het voorwerp terugduwt of -trekt. Deze tegenwerkende kracht heet de **veerkracht** (F_v). Als je een elastiek uitrekt, voel je de veerkracht aan je handen trekken.

Spankracht
In een touw ontstaan **spankrachten** (F_s) als het touw strak wordt gespannen. Daardoor kun je met een touw of een kabel krachten overbrengen. Dat zie je bijvoorbeeld bij een sleepboot die een schip aan een kabel vooruit trekt.

Spierkracht
Mensen kunnen krachten uitoefenen door de spieren in hun lichaam te spannen. Met de **spierkracht** (F_s) die dan ontstaat, kunnen ze voorwerpen optillen, vooruit trekken, indrukken, enzovoort.

Magnetische krachten
Magneten oefenen **magnetische krachten** op elkaar uit. Dat merk je als je de **polen** (uiteinden) van twee magneten tegen elkaar houdt. Twee noordpolen stoten elkaar af, net als twee zuidpolen. Maar een noordpool en een zuidpool trekken elkaar aan. Een magneet trekt ook voorwerpen van ijzer of nikkel aan.

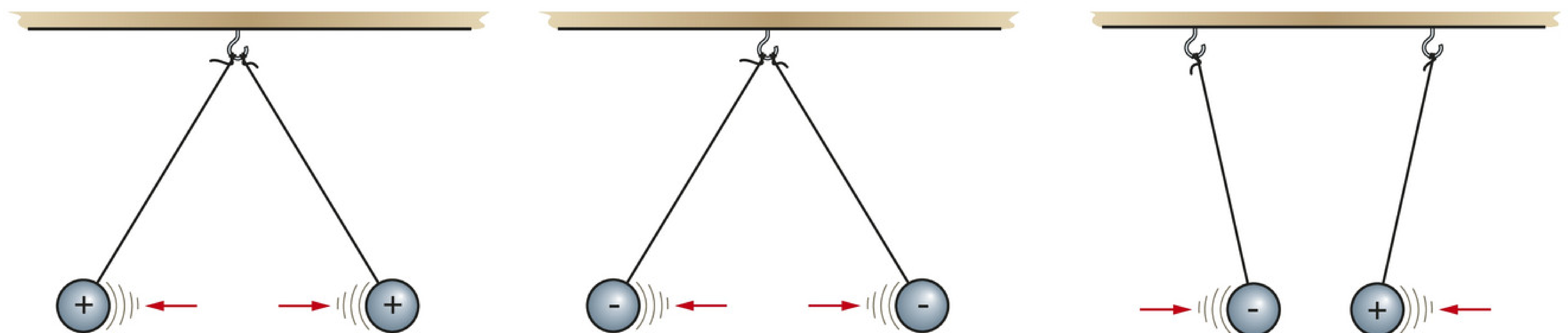


▲ **afbeelding 3**
het magneetveld rond een staafmagneet

Rond elke magneet heb je een magneetveld. Dat is het gebied waar de magneet krachten uitoefent. Je kunt het magneetveld zichtbaar maken door ijzerpoeder rond de magneet te strooien (afbeelding 3). Er ontstaat dan een patroon van **veldlijnen**. Deze lijnen geven de richting van de magnetische kracht aan.

Elektrische krachten
Je kunt voorwerpen elektrisch laden door ze te wrijven. Er zijn twee soorten lading: positieve lading en negatieve lading. Geladen voorwerpen oefenen **elektrische krachten** op elkaar uit. Twee positief geladen voorwerpen stoten elkaar af, net als twee negatief geladen voorwerpen. Een positief geladen en een negatief geladen voorwerp trekken elkaar aan (afbeelding 4).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▶ **afbeelding 4**
afstoten en aantrekken

Plus Zwaartekracht en gewicht

Het gewicht (F_g) is de kracht die een voorwerp uitoefent op zijn ondersteuning. Dat kan het vlak zijn waarop het voorwerp staat, het touw waaraan het hangt, enzovoort. Het gewicht werkt dus niet op het voorwerp zelf (zoals de zwaartekracht), maar altijd op zijn ondersteuning: op de vloer, een tafelblad, een kabel, je handen, enzovoort.

Als een voorwerp wordt ondersteund, is het gewicht even groot als de zwaartekracht:

$$F_g = F_z = m \cdot g$$

Als een voorwerp vrij naar beneden valt, is er geen ondersteuning en dus ook geen gewicht. In dat geval is F_g gelijk aan 0 N.



Voorbeeld
De cementbak in afbeelding 5 heeft een massa van 500 kg.
Bereken het gewicht dat aan de kabel trekt.

m = 500 kg
g = 10 N/kg
$F_g = F_z = m \cdot g = 500 \times 10 = 5000$ N

Het gewicht van de bak trekt met een kracht van 5000 N aan de kabel.

◀ **afbeelding 5**
De zwaartekracht werkt op de cementbak, het gewicht werkt op de kabel.

Alleen voor GT

2 Krachten in constructies

Als Petra over een plank loopt, hoort ze de plank kraken. De plank buigt door. Daardoor ontstaan er verschillende soorten krachten in de plank.

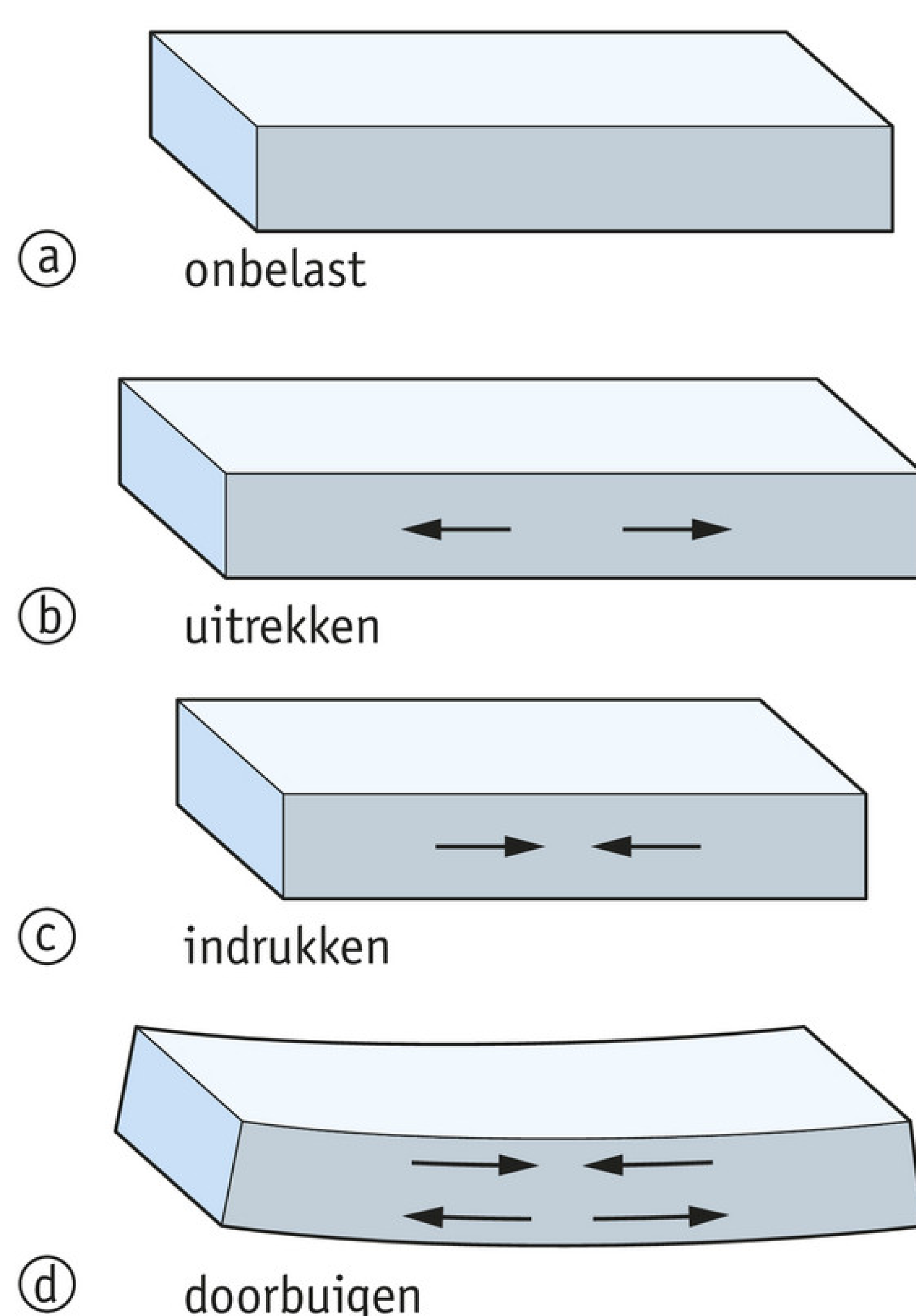
Trekkrachten en drukkrachten

Een brug of een gebouw mag niet zomaar kunnen instorten. Ontwerpers kijken daarom goed naar de krachten die op de constructie werken. Ze gaan na op welke onderdelen trekkrachten werken en op welke onderdelen drukkrachten werken. Bij het kiezen van de bouwmaterialen houden ze daar rekening mee.

Een tuibrug is een goed voorbeeld van zo'n constructie (afbeelding 6). Bij een tuibrug hangt het brugdek aan dikke kabels: de tuien. De kabels zijn vastgemaakt aan pylonen die ver boven het brugdek uitsteken.



▶ **afbeelding 6**
een tuibrug



▲ **afbeelding 7**
krachten in een constructie

Op de kabels staan **trekkrachten**. Dat zijn krachten die het materiaal uitrekken (afbeelding 7b). Daarom zijn de kabels van staal gemaakt. Dit materiaal is goed bestand tegen trekkrachten.

Op de pylonen werken **drukkrachten**. Dat zijn krachten die het materiaal in elkaar drukken (afbeelding 7c). De pylonen zijn gemaakt van beton. Dit materiaal is goed bestand tegen drukkrachten.

In het brugdek werken zowel drukkrachten als trekkrachten (afbeelding 7d). Dat komt doordat het brugdek een beetje doorbuigt als er auto's overheen rijden. De bovenkant van het brugdek wordt dan een beetje ingedrukt en de onderkant een beetje uitgerekt. Om de krachten op te vangen wordt voorgespannen beton gebruikt: een combinatie van beton en staal.



▲ **afbeelding 8**
Zo wordt gewapend beton gemaakt.

Bouwmaterialen kiezen

Een huis is ook een constructie waarin trekkrachten en drukkrachten optreden. Een architect houdt daar rekening mee bij het kiezen van bouwmaterialen, zoals baksteen, beton en hout. Een huis mag niet instorten onder zijn eigen gewicht en moet tegen stormen en zware windstoten kunnen.

Baksteen

Bakstenen worden gemaakt van klei. De klei wordt in een vorm geperst waardoor de steen zijn uiteindelijke vorm krijgt. Daarna worden de stenen gedroogd om het water er zo veel mogelijk uit te halen. Ten slotte worden ze in een oven gebakken bij een temperatuur van 1100 °C.

Baksteen is goed bestand tegen drukkrachten. Fundamenten en muren kun je er prima mee bouwen. Baksteen kan niet tegen trekkrachten. Een onderdeel waarop trekkrachten komen te staan, wordt nooit van baksteen gemaakt.

Beton

Beton maak je door zand, grind, cement en water in de juiste verhouding te mengen. Je giet het mengsel in een vorm en laat het daarna uitharden. Het cement zorgt ervoor dat het mengsel hard wordt. Het resultaat is een hard, steenachtig materiaal dat goed bestand is tegen drukkrachten.

Gewoon beton (zonder versteviging) is niet geschikt voor vloeren. Dat komt doordat beton niet goed tegen trekkrachten kan. Als je een zwaar voorwerp op een vloer zet, buigt de vloer iets door. Er komen dan trekkrachten op de onderkant van de vloer te staan. Gewoon beton zou daarvan gaan scheuren.

Vloeren worden daarom van **gewapend beton** gemaakt. Dat is beton waarin een 'wapening' is aangebracht, een stalen geraamte (afbeelding 8). Het stalen geraamte vangt de trekkrachten op die op het beton werken.



▲ **afbeelding 9**
een dakconstructie

Hout

Hout is goed bestand tegen druk- en trekkrachten. Bovendien heeft het een kleine dichtheid, vergeleken met andere bouwmaterialen. Daardoor is een houten balk veel lichter dan een even grote ijzeren of stalen balk. Hout wordt daarom veel gebruikt om overkappingen te bouwen.

In afbeelding 9 zie je hoe een houten dakconstructie trek- en drukkrachten opvangt. De schuine spanten dragen het gewicht van het dak. Op deze balken werken drukkrachten. De horizontale balken voorkomen dat de spanten uit elkaar bewegen. Deze balken vangen dus trekkrachten op.

De dakconstructie in afbeelding 9 is opgebouwd uit driehoeken. Driehoeken worden veel gebruikt in constructies, omdat ze star (moeilijk te vervormen) zijn. Een vierhoek kan veel gemakkelijker worden vervormd. Daarom worden rechthoeken in constructies vaak verstevigd met een extra diagonale balk. Zo'n balk verandert de rechthoek in twee starre driehoeken.

Andere ontwerpeisen

Bij het kiezen van bouwmaterialen is niet alleen de sterkte van belang. Een ontwerper moet rekening houden met allerlei **ontwerpeisen**. Welke regels stelt de overheid? Wat zijn de wensen van de opdrachtgever? Hoeveel geld mag het gaan kosten?
Een ontwerper kijkt daarom niet alleen naar de sterkte van het materiaal, maar bijvoorbeeld ook naar de dichtheid, het uiterlijk, de prijs, de brandbaarheid, de duurzaamheid en de milieu-effecten.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

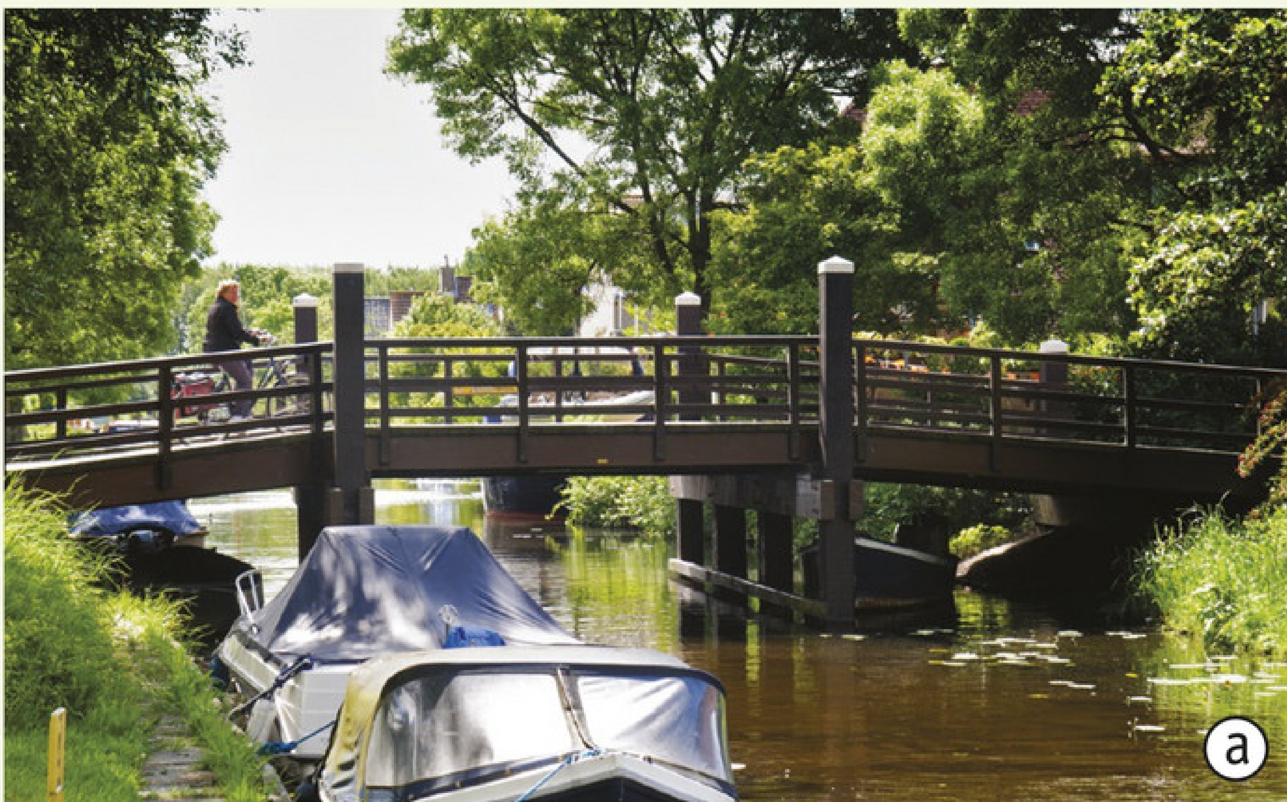
Plus Bruggen

Er zijn allerlei soorten bruggen. In afbeelding 10 zie je drie voorbeelden: een balkbrug, een boogbrug en een hangbrug.

De balkbrug in afbeelding 10a is gebouwd van hout. Als er een trekker over de brug rijdt, komen er zowel drukkrachten als trekkrachten op de balken te staan. Hout kan beide soorten krachten opvangen. Daarom is het een geschikt bouwmateriaal voor dit brugtype.

De boogbrug in afbeelding 10b is gebouwd van baksteen. Als er een auto over de brug rijdt, wordt de boog in elkaar gedrukt. Er werken dan alleen drukkrachten op de stenen. Deze boogconstructie is bewust zo ontworpen; anders zou je de brug niet van baksteen kunnen bouwen.

De hangbrug in afbeelding 10c is gebouwd van beton en staal. Het brugdek hangt aan verticale kabels – de hangers – die op hun beurt aan een dikke draagkabel vastzitten. De kabels zijn gemaakt van staal. Dit materiaal is sterk genoeg om de grote trekkrachten in deze constructie op te kunnen vangen.







◀ **afbeelding 10**
a een balkbrug, b een boogbrug en c een hangbrug

3 Krachten samenstellen

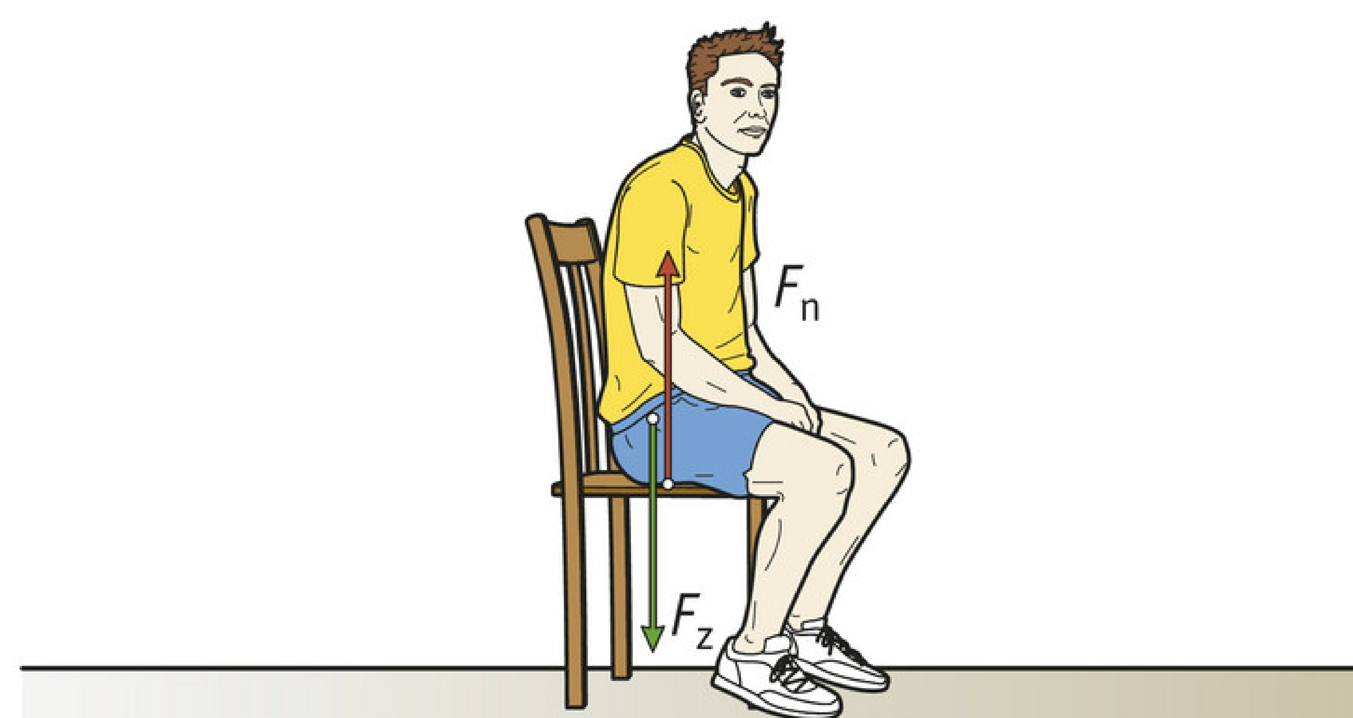
Op een voorwerp werken vaak meerdere krachten in verschillende richtingen. Door de krachten op een speciale manier bij elkaar 'op te tellen' kun je nagaan of, en in welke richting, het voorwerp zal gaan bewegen.

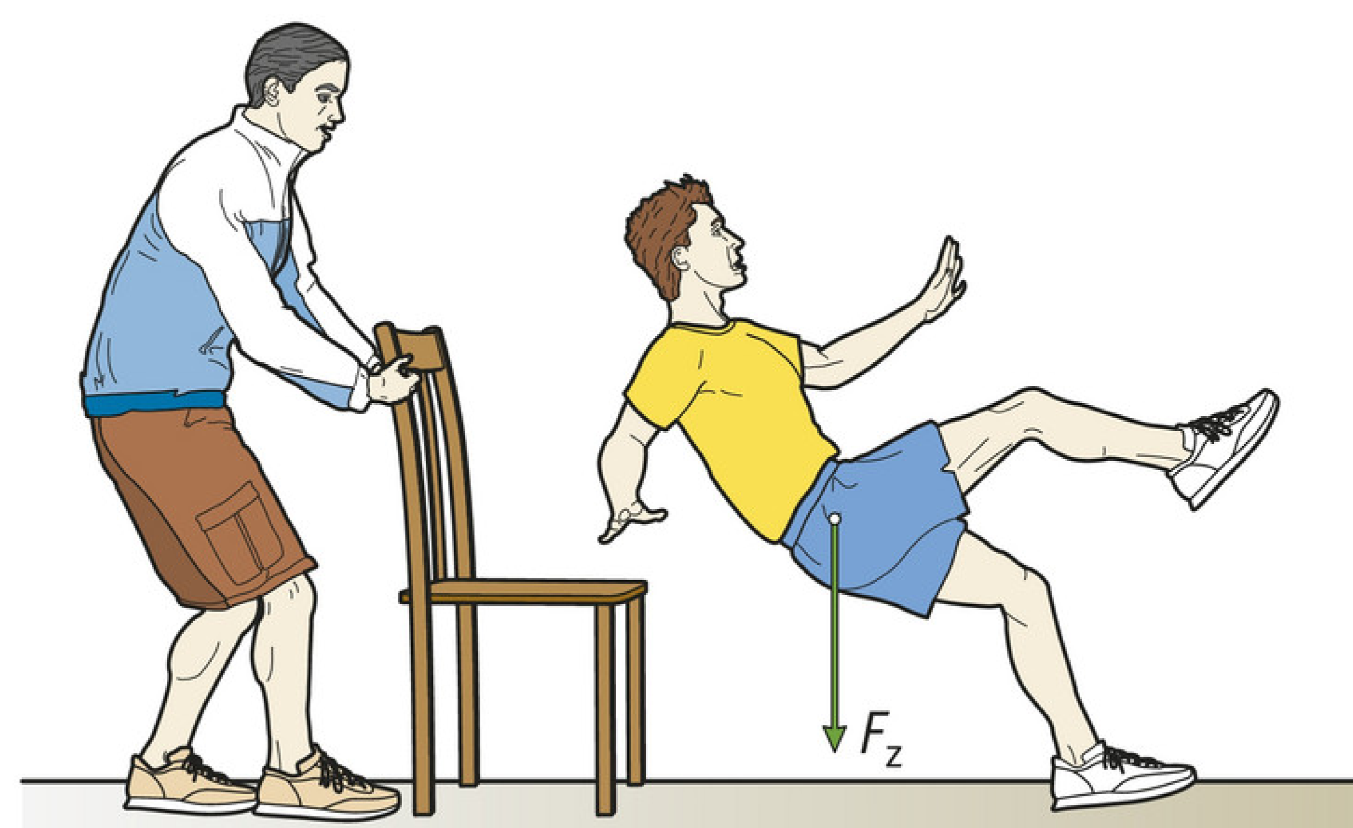
De resultante

Als je op een stoel zit, trekt de zwaartekracht je lichaam naar beneden. Dat je niet valt, komt doordat de stoel een even grote kracht op je lichaam uitoefent. Deze **normaalkracht** is even groot als de zwaartekracht, maar is omhoog gericht (afbeelding 11a).

In deze situatie heffen de normaalkracht en de zwaartekracht elkaar op. Er verandert niets aan de beweging en de vorm van je lichaam. Het lijkt wel alsof er geen krachten op je lichaam werken. Dat komt doordat de **nettokracht** op je lichaam 0 N is. De nettokracht noem je ook wel de resulterende kracht of **resultante** (F_r).

Als iemand de stoel onder je vandaan trekt, verdwijnt de normaalkracht. Alleen de zwaartekracht blijft over. De resultante is dan niet meer 0 N en dat merk je: je valt (afbeelding 11b).





▶ **afbeelding 11**
zwaartekracht en normaalkracht

De resultante berekenen

In veel situaties werken er verschillende krachten op een voorwerp. Het hangt van de resultante van die krachten af of het voorwerp gaat bewegen, en zo ja, in welke richting. Het heeft geen zin om te kijken naar het effect van elke kracht apart. Als je wilt weten wat er gaat gebeuren, moet je naar de resultante kijken.

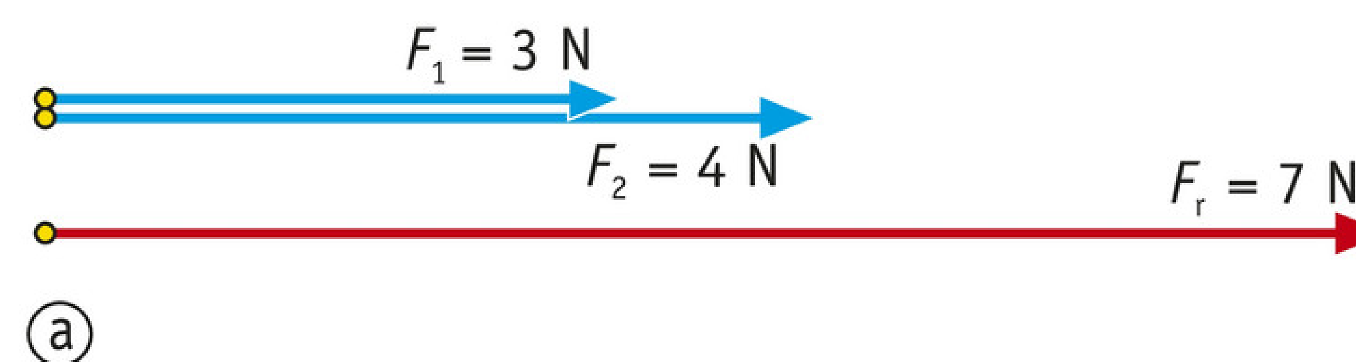
In afbeelding 12a zie je twee krachten die in dezelfde richting werken. De resultante werkt dan ook in deze richting. In dit geval kun je de grootte van de resultante F_r berekenen met:

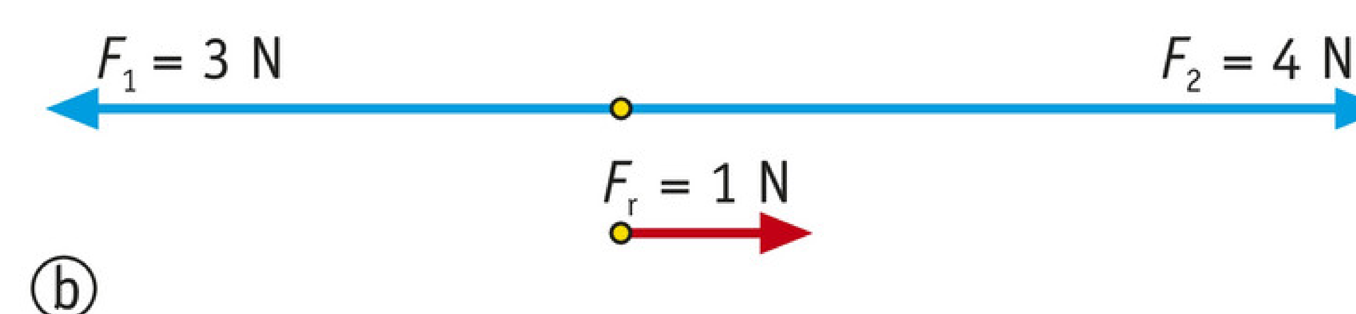
$$F_r = F_1 + F_2$$

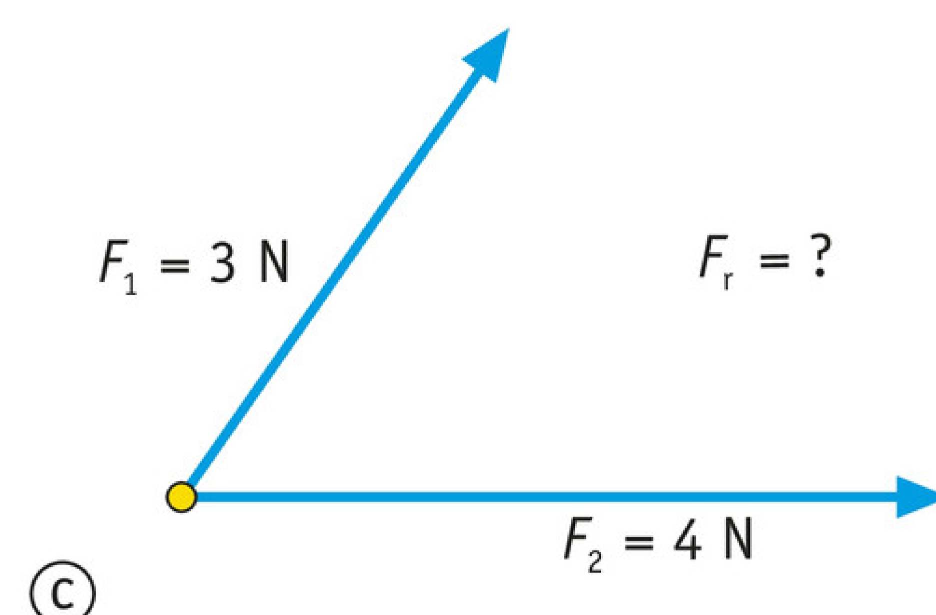
In afbeelding 12b zie je twee krachten die in tegenovergestelde richting werken. De resultante werkt dan in de richting van de grootste kracht. In dit geval kun je de grootte van de resultante F_r berekenen met:

$$F_r = F_1 - F_2$$

In afbeelding 12c zie je twee krachten die in verschillende richtingen werken. In dat geval is er geen eenvoudige manier om de resultante te berekenen. Dat komt doordat krachten vectoren zijn. Niet alleen hun grootte is belangrijk, ook hun richting.







▶ **afbeelding 12**
Hoe groot is de resultante?

Alleen voor GT

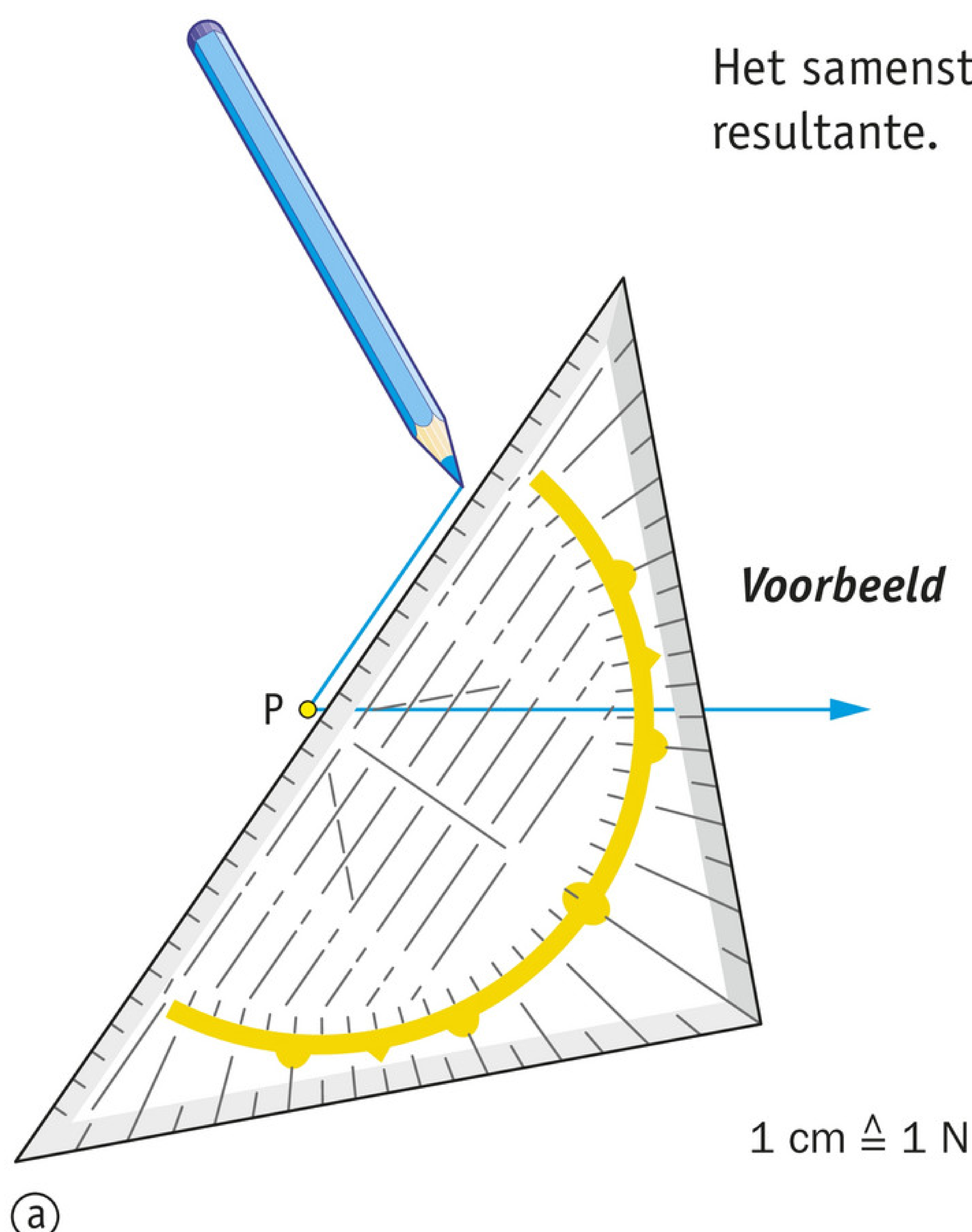
Twee krachten samenstellen

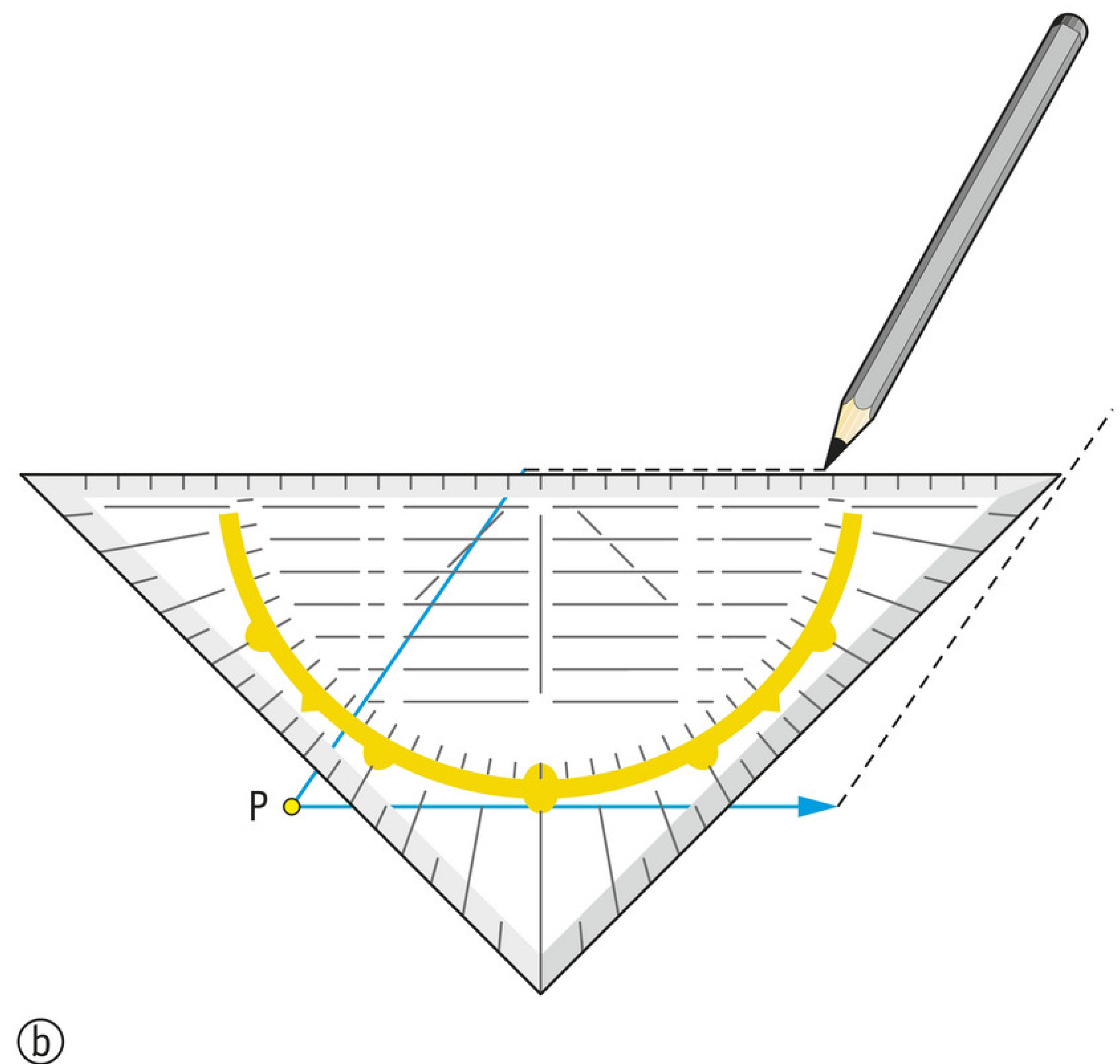
Om in afbeelding 13 de resultante te vinden, moet je de krachten F_1 en F_2 **samenstellen**. Dat doe je door een nauwkeurige tekening op schaal te maken. Dat gaat zo:

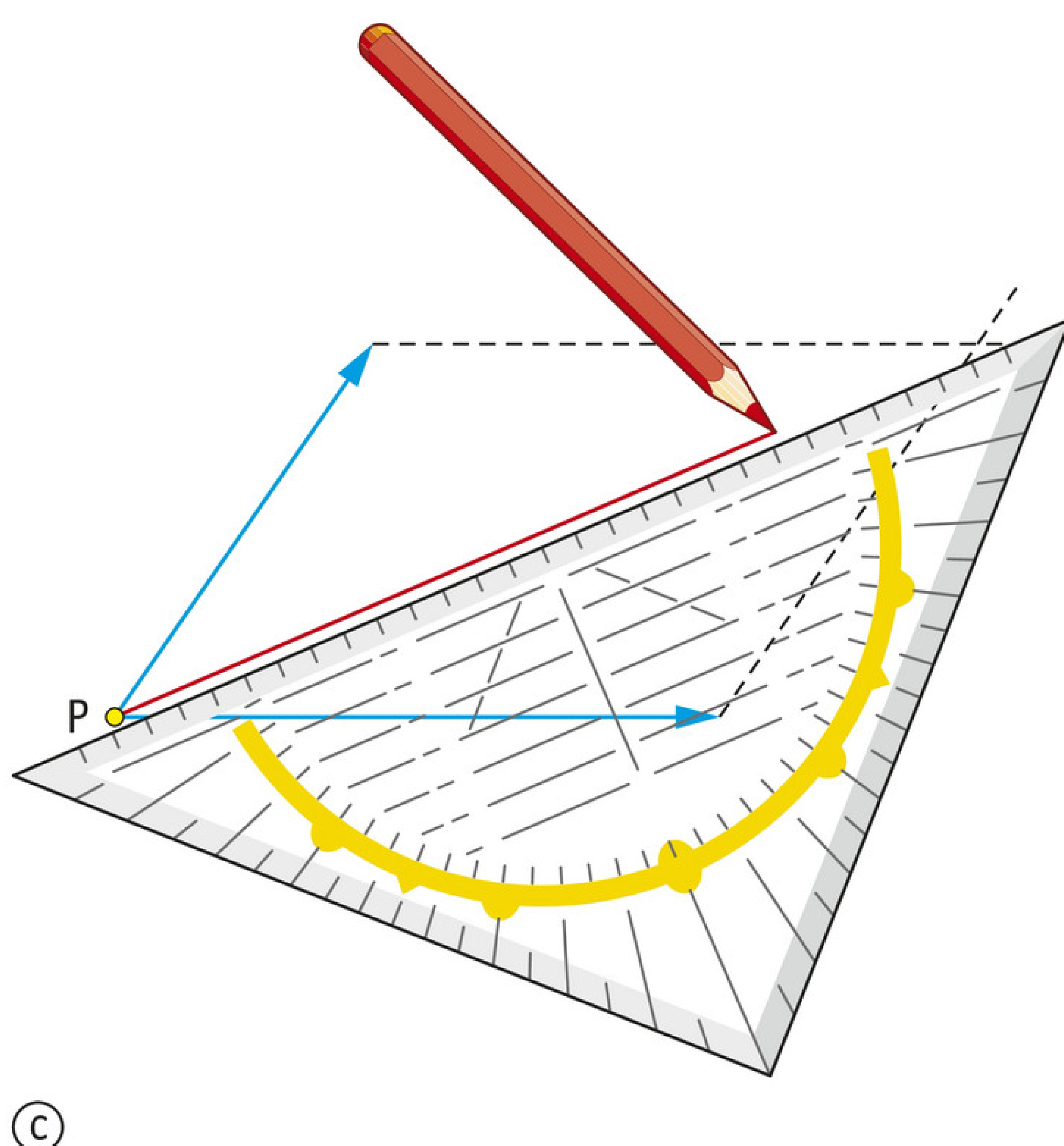
1 Kies een geschikte krachtenschaal. Teken de krachten op schaal, onder de juiste hoek.
2 Je kunt de twee pijlen zien als de twee zijden van een parallellogram. Maak dit parallellogram af.
3 Teken een pijl van het beginpunt P naar het tegenoverliggende hoekpunt. Deze pijl geeft de richting van de resultante aan.
4 Meet de lengte van deze pijl. Met behulp van de krachtenschaal kun je nu de grootte van de resultante berekenen.

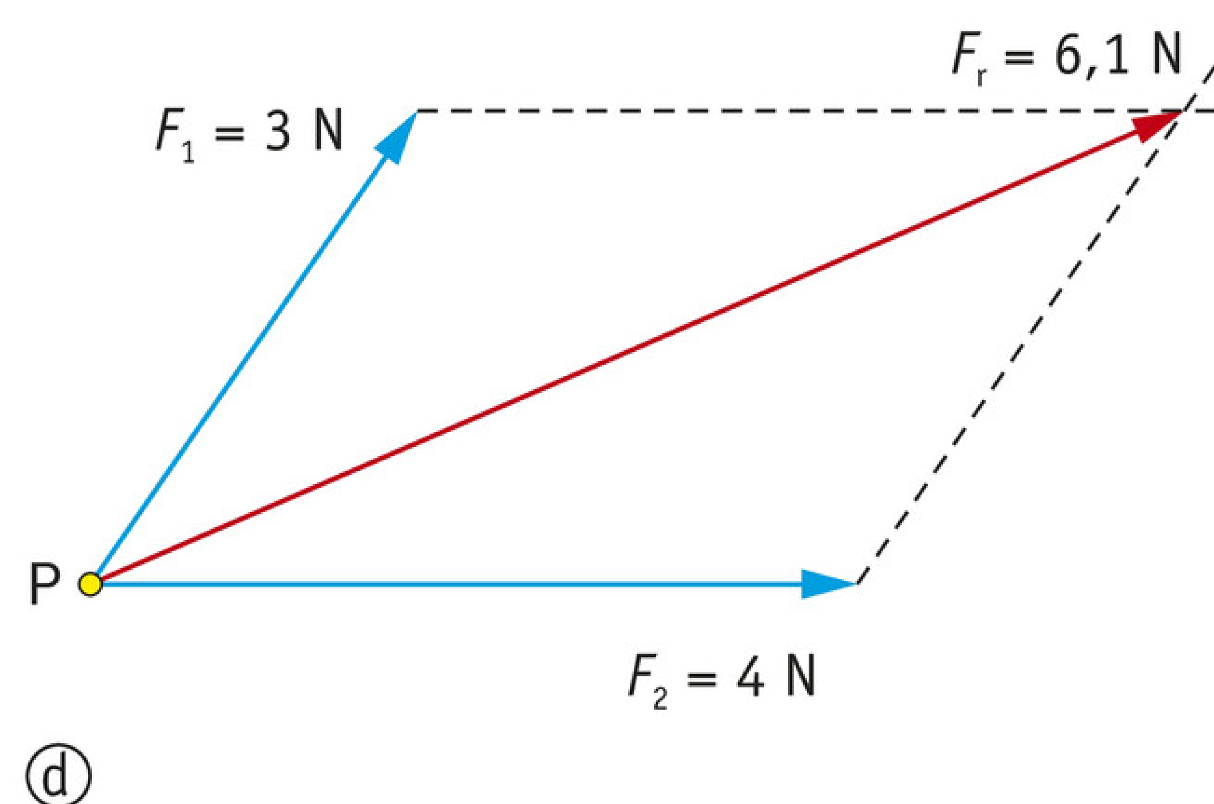
Het samenstellen van krachten noem je ook wel het **construeren** van de resultante.

▼ **afbeelding 13**
Zo construeer je de resultante van twee krachten.



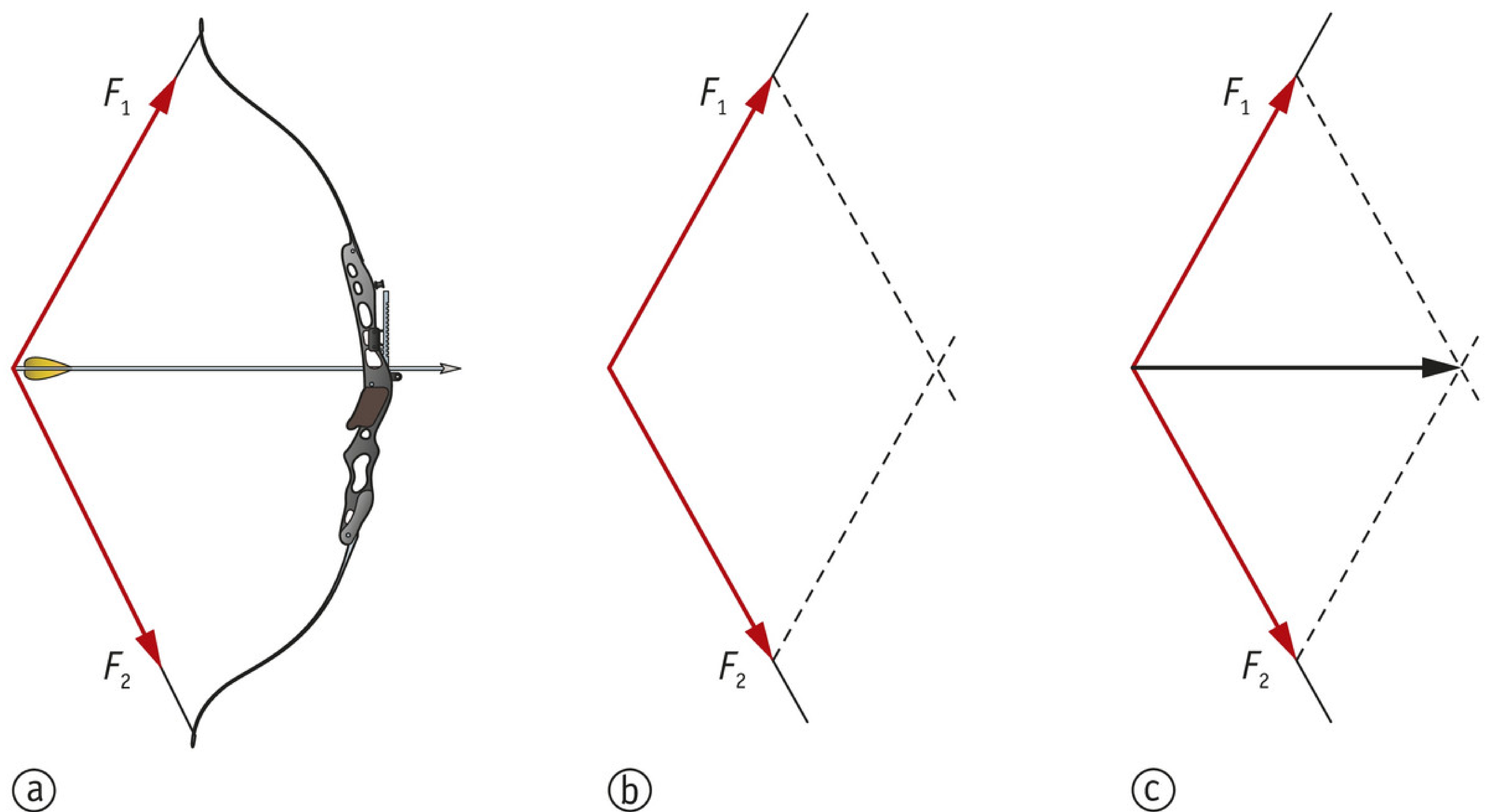








▶ **afbeelding 14**
een boogschutter



▶ **afbeelding 15**
de resultante construeren

Voorbeeld
In afbeelding 14 zie je een boogschutter. Als hij zijn boog spant, ontstaan er spankrachten in de boogpees (F_1 en F_2 in afbeelding 15a). Construeer de resultante. In welke richting zal de pijl gaan bewegen als de boogschutter hem loslaat?

Maak het parallellogram af zoals in afbeelding 15b is getekend. Teken daarna de resultante (afbeelding 15c). Je ziet dat de resultante recht naar voren is gericht. In die richting zal de pijl dus gaan bewegen.

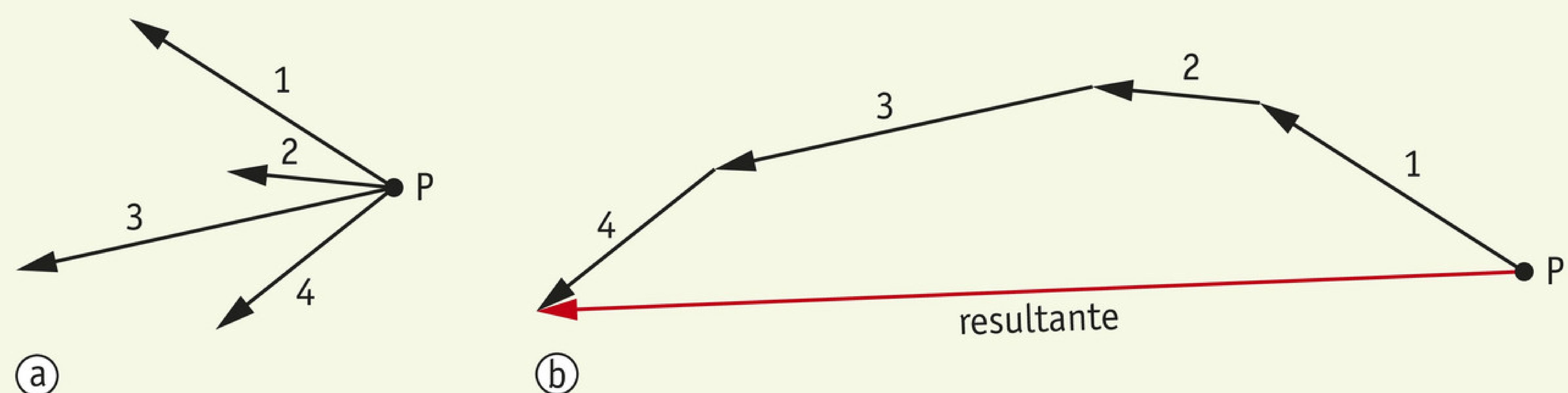
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De kop-staartmethode

Als Peter zijn vier honden uitlaat, trekt elke hond met een andere kracht in een andere richting. De krachten die de honden uitoefenen, kun je tekenen als vier krachtenpijlen (afbeelding 16a). Maar hoe bepaal je de resulterende kracht op de hand van Peter (P)?

In dit soort situaties gebruik je de kop-staartmethode. In afbeelding 16b zie je hoe deze methode werkt. Je tekent de pijlen één voor één, waarbij je ze telkens kop-staart tegen elkaar aanlegt: de staart van 2 tegen de kop van 1, de staart van 3 tegen de kop van 2 en de staart van 4 tegen de kop van 3. Daarna teken je resultante F_r: van de staart van krachtenpijl 1 naar de kop van krachtenpijl 4.

De grootte van de resultante bepaal je door de lengte van F_r te meten. Daarna kun je de grootte van F_r berekenen met de krachtenschaal.



▲ **afbeelding 16**
de kop-staartmethode (in bovenaanzicht)

4 Krachten ontbinden

Als een kogel aan twee kabels hangt, zorgen de kabels ervoor dat de kogel niet naar beneden valt. Met behulp van een parallellogram kun je nagaan hoe groot de krachten in beide kabels zijn.

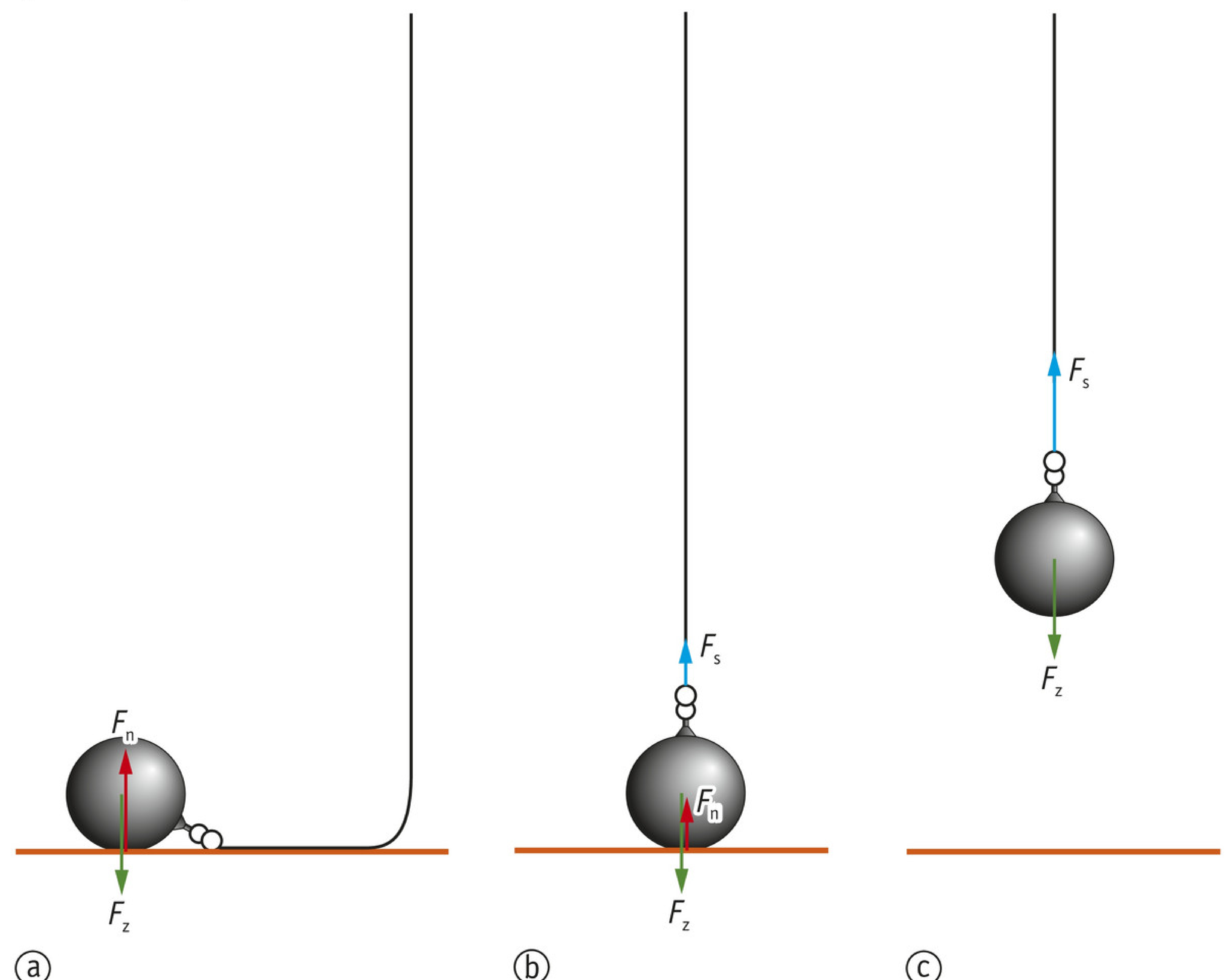
Drie keer evenwicht

Slopers gebruiken soms een zware stalen kogel om een gebouw te slopen. In afbeelding 17 zie je hoe een hijskraan zo'n kogel omhoog hijst.

In situatie a is de hijskabel nog niet gespannen. Er werken dan twee krachten op de kogel: de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht omhoog. De twee krachten zijn in evenwicht: de kogel ligt stil op de grond.

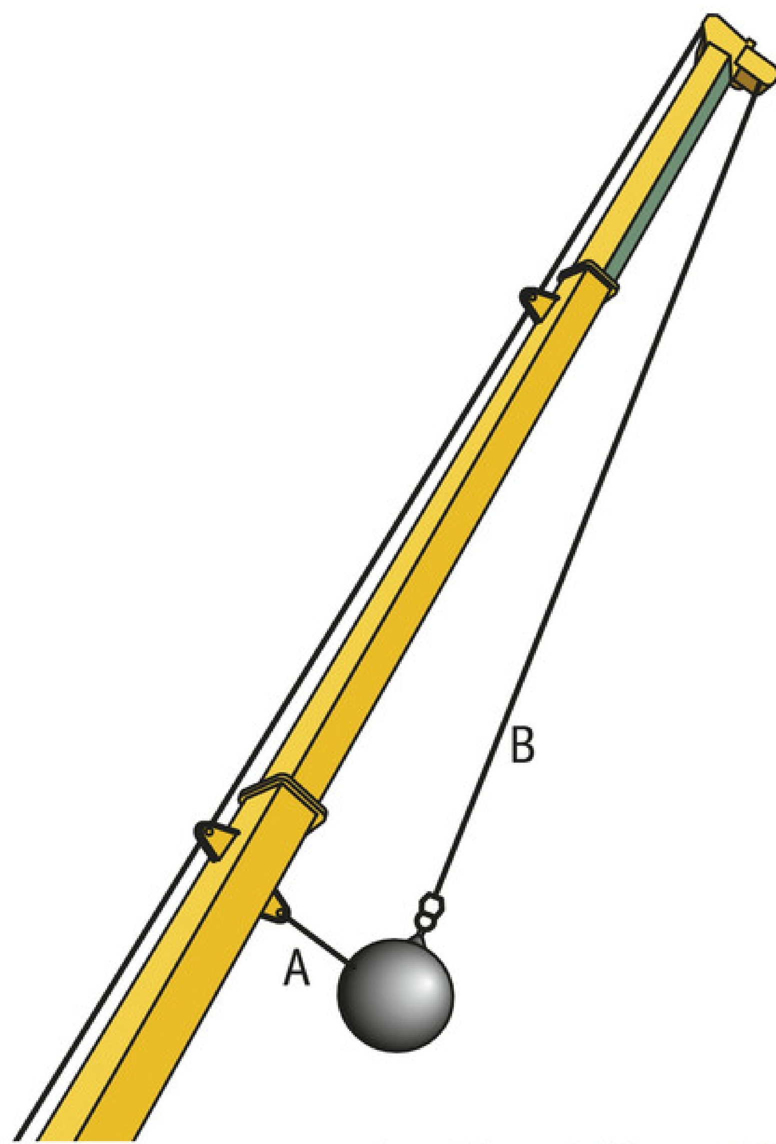
Als de hijskabel strak staat, begint er een spankracht op de kogel te werken. Deze spankracht neemt snel toe. De normaalkracht neemt tegelijk af, doordat de kogel minder zwaar op de grond drukt (situatie b). Even later is de spankracht groot genoeg en komt de kogel los van de grond.

Als de kogel hoog genoeg is, stopt de kraan met hijsen. De kogel blijft nu op dezelfde hoogte hangen. Ook dan is er evenwicht: de zwaartekracht en de spankracht heffen elkaar op, zodat de resultante opnieuw 0 N is (situatie c).



▶ **afbeelding 17**
een kogel ophijsen

Alleen voor GT



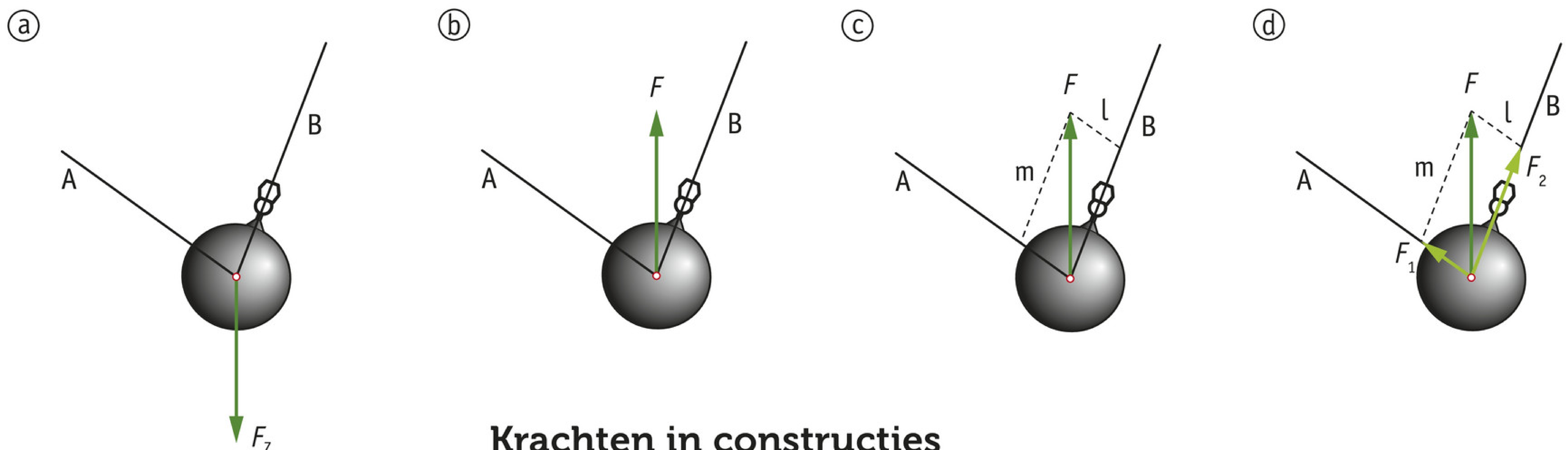
▲ **afbeelding 18**
De kogel wordt door twee kabels gedragen.

Een kracht ontbinden Proef 2

De kogel wordt nu door een tweede kabel opzij getrokken (afbeelding 18). Omdat de kogel stil hangt, is de nettokracht 0 N. De kracht die de beide kabels samen leveren moet dus even groot zijn als de zwaartekracht. Deze kracht *F* is in figuur 19b getekend.

Je kunt de grootte van de twee spankrachten bepalen door de kracht *F* te **ontbinden**. In afbeelding 19 zie je hoe dat gaat:

1 Kies een geschikte krachtenschaal. Teken de twee kabels en de zwaartekracht F_z (figuur 19a).
2 Teken de kracht *F* precies even groot als F_z en in tegengestelde richting (figuur 19b).
3 Teken de lijnen *l* en *m* parallel aan de twee kabels (figuur 19c).
3 Maak een krachtenparallellogram, met *l* en *m* als zijden en *F* als diagonaal (figuur 19d).
4 Zet F_1 bij de kracht die in kabel A werkt en F_2 bij de kracht die in kabel B werkt. Met behulp van de krachtenschaal kun je nu hun grootte bepalen.



▲ **afbeelding 19**
Zo ontbind je een kracht in twee componenten.

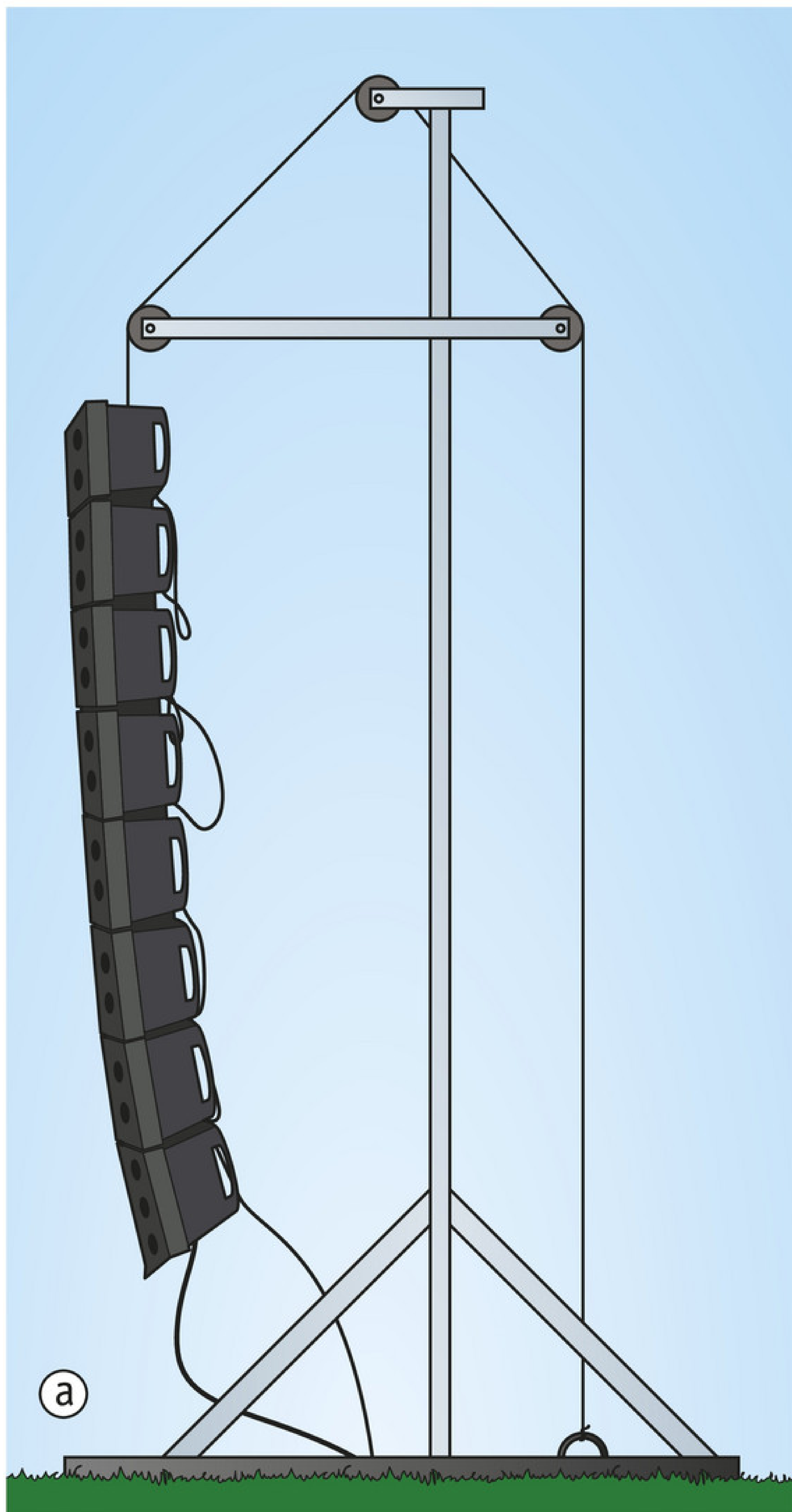
Krachten in constructies

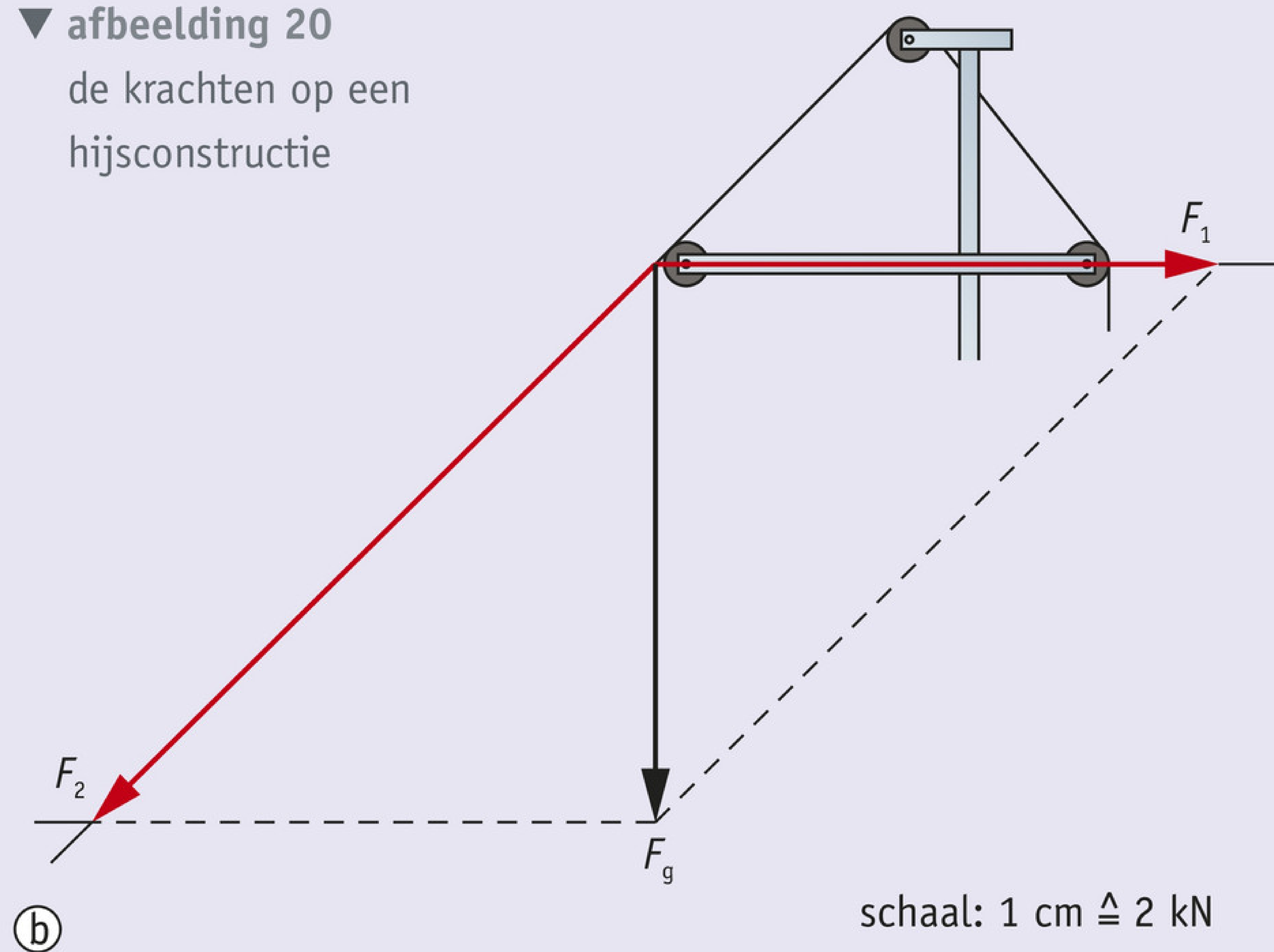
Bij het ontwerpen van een constructie vraagt een ontwerper zich steeds af:
– Wat voor krachten komen er op elk onderdeel te staan?
– Hoe groot zullen die krachten zijn?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, is het vaak nodig om de krachten op de constructie te ontbinden.

Voorbeeld
In afbeelding 20a zie je een hijsconstructie voor grote luidsprekers. De luidsprekers worden met een takel op de juiste hoogte gebracht. Daarna worden de katrollen geblokkeerd, om te voorkomen dat de luidprekers zakken. Het gewicht F_g van de luidsprekers wordt opgevangen door een buis en een kabel. Bepaal de krachten op de buis en de kabel (zowel de grootte als de richting).

Verleng de buis en de kabel, zoals in figuur 20b is getekend.
Ontbind F_g in twee componenten door een parallellogram te maken.
Meet F_1: 4,0 cm. Dat betekent dat F_1 = 4,0 × 2 = 8,0 kN.
Meet F_2: 5,6 cm. Dat betekent dat F_2 = 5,6 × 2 = 11,2 kN.





▼ **afbeelding 20**
de krachten op een hijsconstructie

Je ziet: op de buis werkt een duwkracht van 8,0 kN. Op de kabel werkt een trekkracht van 11,2 kN.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

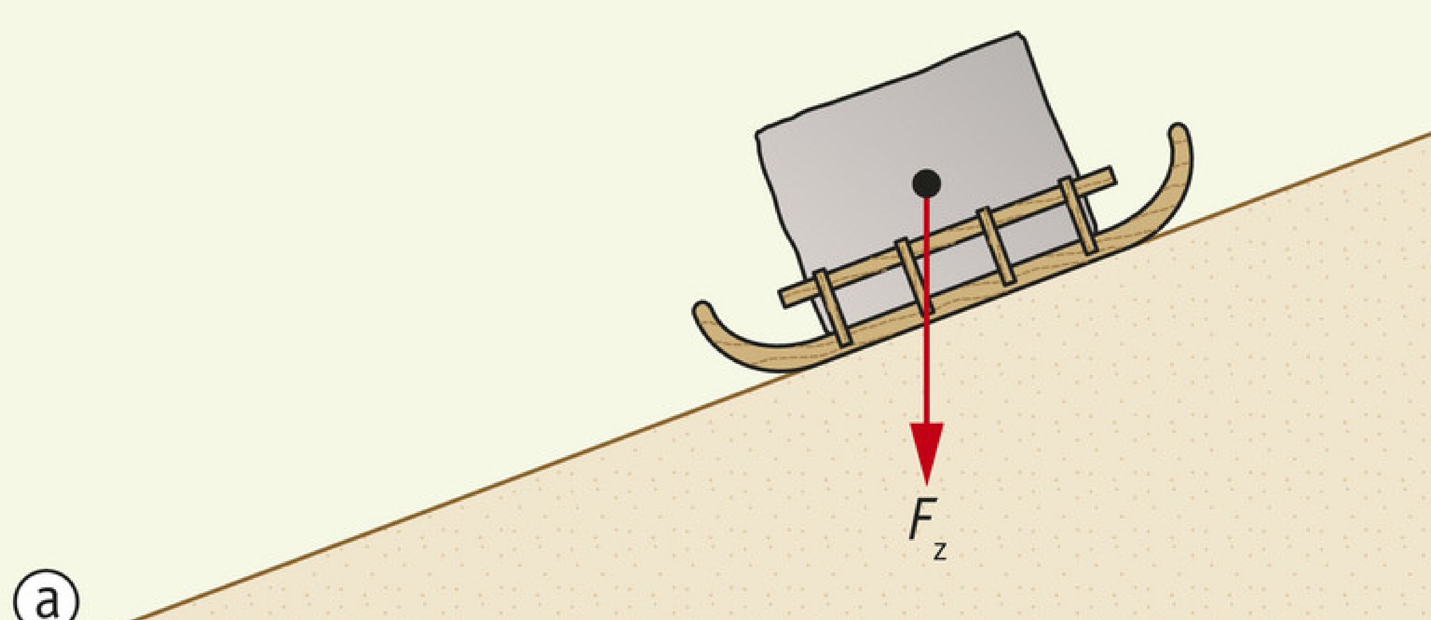
Plus Krachten op een helling

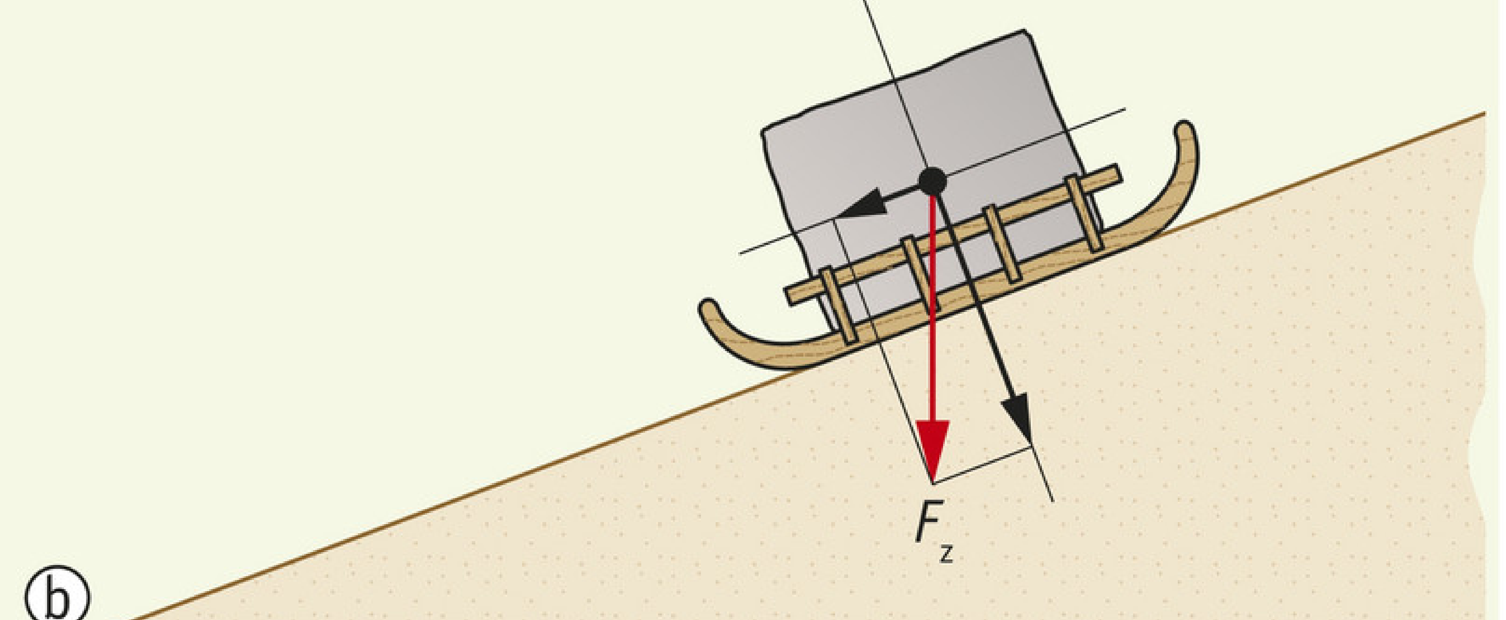
De piramiden in Egypte zijn gebouwd van enorm zware blokken steen. Waarschijnlijk trokken de piramidebouwers de stenen op een slee omhoog tegen een helling van zand.

In afbeelding 21a zie je een slee met een steenblok op zo'n helling. Op de steen werkt de zwaartekracht recht omlaag. Deze zwaartekracht kun je ontbinden in een kracht evenwijdig aan de helling en een kracht loodrecht op de helling (afbeelding 21b).

Zoals je ziet, is de kracht evenwijdig aan de helling veel kleiner dan de zwaartekracht. Voor de piramidebouwers was dat erg belangrijk. Om de slee naar boven te slepen, hoefden ze alleen deze kracht te overwinnen. De andere kracht wordt opgeheven door de normaalkracht van de helling.

▼ **afbeelding 21**
een slee op een helling







2 Warmte

Verwarmen en isoleren

Mensen willen comfortabel wonen. Als het buiten koud is, willen we het binnen lekker warm hebben. Tegelijk willen we onze gasrekening laag houden. Dat is niet alleen goed voor onze portemonnee, maar ook voor het milieu.

1 Brandstoffen verbranden

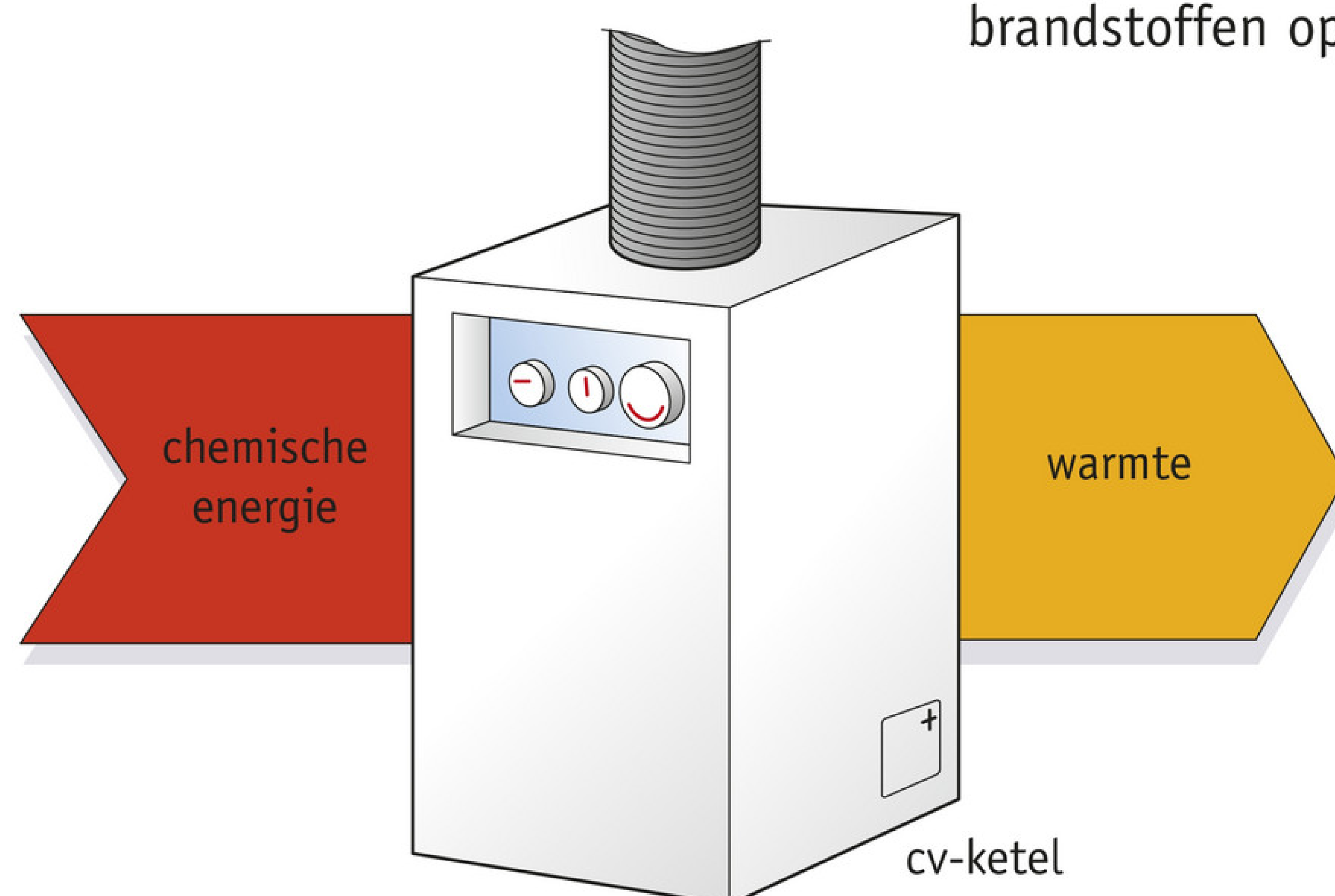
Als je een douche neemt, gebruik je een flinke hoeveelheid warm water. Dat water wordt niet vanzelf warm.

Verbrandingswarmte

Brandstoffen leveren warmte. Daarmee kun je huizen verwarmen, water warm maken en eten koken. Er zijn verschillende soorten brandstoffen: vaste (zoals hout), vloeibare (zoals stookolie) en gasvormige (zoals aardgas). In Nederland is aardgas de belangrijkste brandstof.

De warmte uit een brandstof komt vrij door een chemische reactie: de verbranding. Daarom noem je energie uit een brandstof **chemische energie**. Die energie wordt omgezet in warmte. Dat gebeurt bijvoorbeeld in een cv-ketel. De chemische energie verdwijnt doordat het aardgas wordt verbrand. In ruil daarvoor krijg je een even grote hoeveelheid warmte terug (afbeelding 1).

Elke brandstof heeft een **verbrandingswarmte**. Dat is de hoeveelheid warmte die een bepaalde hoeveelheid brandstof kan leveren. De verbrandingswarmte van aardgas is bijvoorbeeld 32 MJ/m^3. Dat betekent dat er 32 miljoen joule warmte vrijkomt als je 1 kubieke meter aardgas verbrandt. In tabel 1 kun je de verbrandingswarmte van een aantal brandstoffen opzoeken.



▲ **afbeelding 1**
het energie-stroomdiagram van een cv-ketel

▼ **tabel 1** de verbrandingswarmte van enkele brandstoffen

soort brandstof	verbrandingswarmte
hout	16 MJ/kg
steenkool	29 MJ/kg
benzine	33 MJ/L
spiritus	18 MJ/L
stookolie	40 MJ/L
aardgas*	32 MJ/m^3
butagas*	110 MJ/m^3
methaan*	36 MJ/m^3
propaan*	94 MJ/m^3

* bij een temperatuur van 0 °C en een druk van 100 kPa

Voorbeeld
Uit proeven blijkt dat er voor vier minuten douchen met een waterbesparende douchekop ongeveer 2 MJ warmte nodig is.
Hoeveel m^3 aardgas moet daarvoor worden verbrand?

1 m^3 aardgas levert 32 MJ warmte. Er moet dus 2 : 32 = 0,06 m^3 aardgas worden verbrand.



▲ **afbeelding 2**
Zo reageren methaan en zuurstof met elkaar.

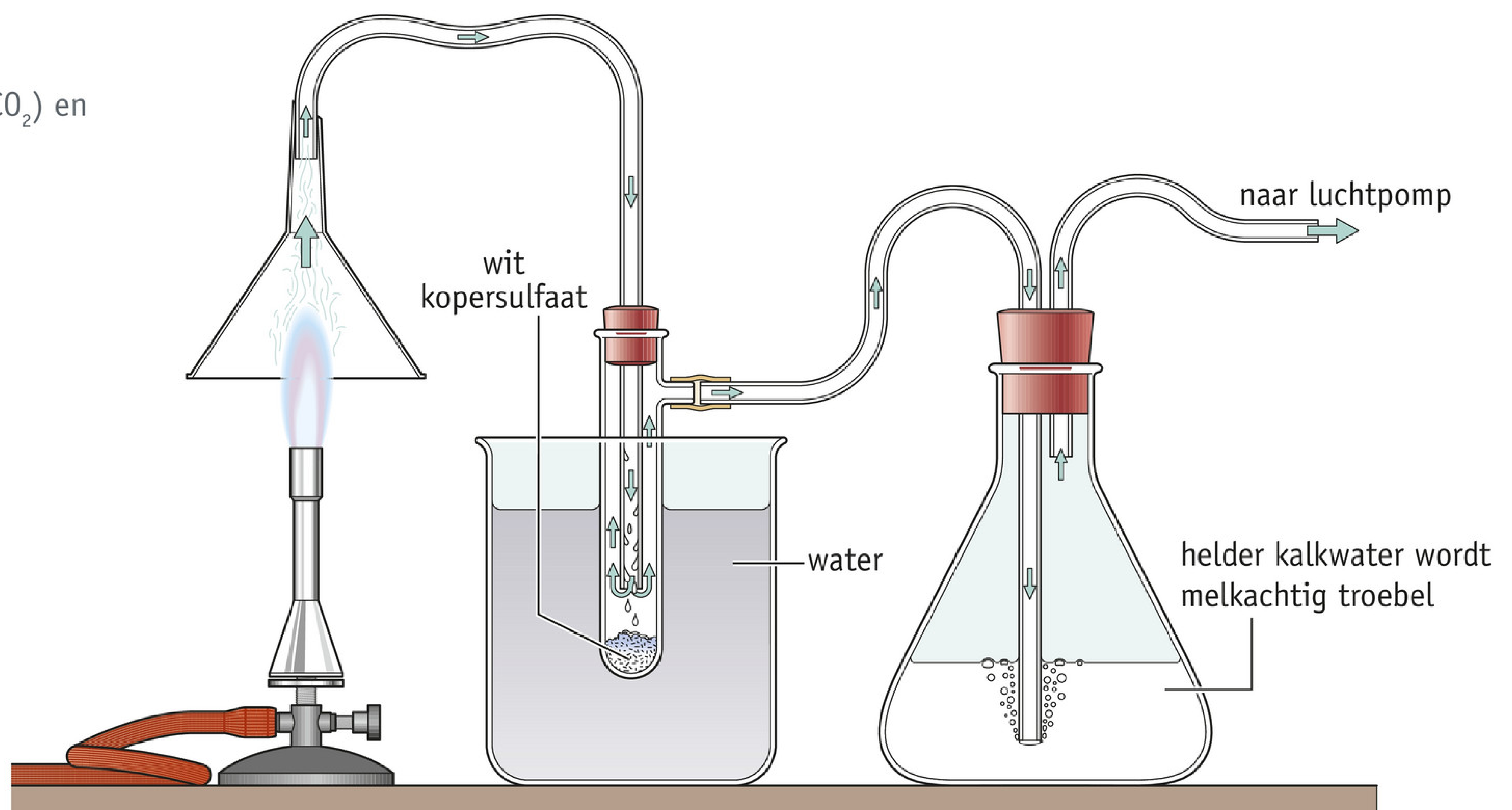
Aardgas verbranden

Aardgas is een mengsel van verschillende gassen. De belangrijkste bestanddelen zijn methaan (± 80%) en stikstof (± 15%). Methaan en stikstof zijn kleur- en reukloze gassen. Methaan is erg brandbaar. Daarom wordt aan aardgas een beetje geurstof toegevoegd. Zo ruik je het meteen als er aardgas door een gaslek ontsnapt.
Bij een gaslek moet je nooit het licht aan- of uitdoen. Schakelaars geven vaak een kleine vonk, die een explosie kan veroorzaken. Je moet eerst de hoofdkraan van het gas dichtdraaien en ramen en deuren openzetten om te ventileren. Daarna moet een installateur het lek repareren.

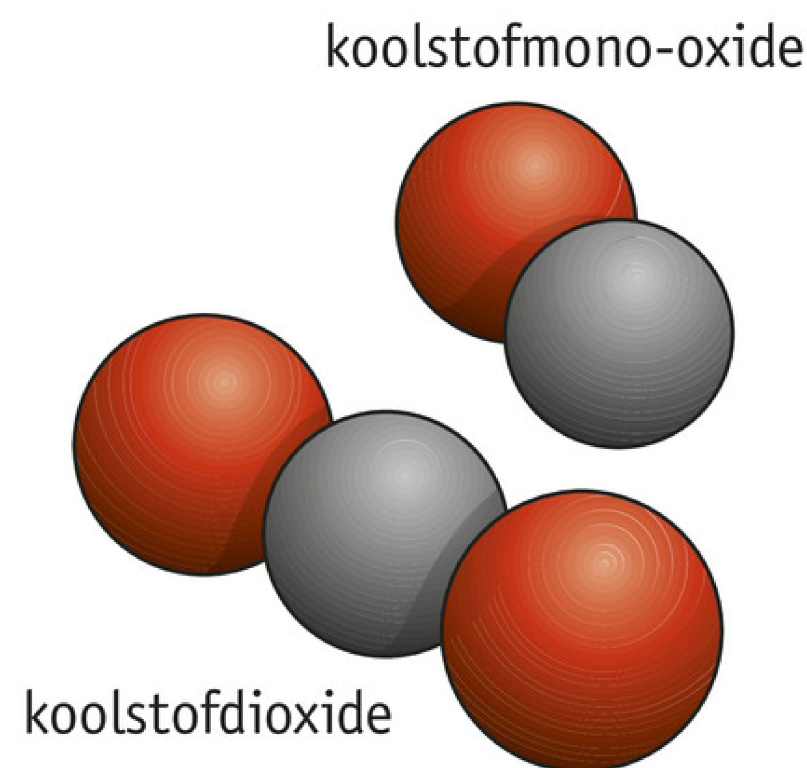
Als je aardgas aansteekt, verbrandt het methaan. De stikstof reageert niet. Bij de verbranding van methaan ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Het reactieschema is:


methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water

Koolstofdioxide en waterdamp zijn reukloos en onzichtbaar. Om aan te tonen dat ze bij de verbranding ontstaan, heb je wit kopersulfaat en kalkwater nodig. Wit kopersulfaat kleurt blauw als het in contact komt met waterdamp. Kalkwater (dat eruitziet als gewoon water) wordt troebel wit als je er koolstofdioxidegas doorheen leidt (afbeelding 3).



▶ **afbeelding 3**
Zo kun je koolstofdioxide (CO_2) en water (H_2O) aantonen.



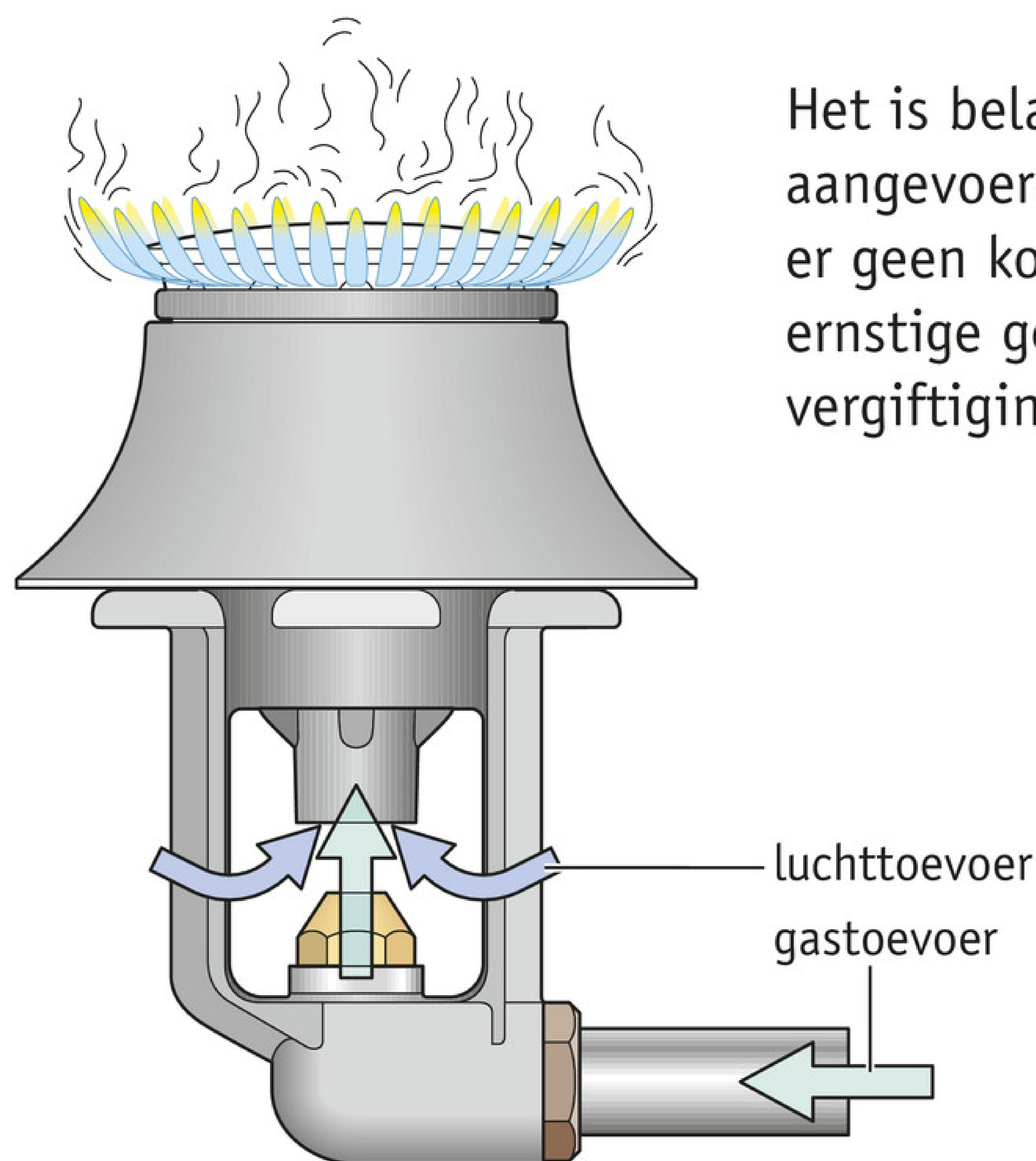
▲ **afbeelding 4**
CO_2 (ongevaarlijk) en CO (giftig en bedwelmend)

Volledige en onvolledige verbranding

Je hebt ongeveer 15 liter aardgas en 120 liter lucht nodig om 1 liter water aan de kook te brengen. Als de volumeverhouding aardgas : lucht gelijk is aan 15 : 120 (8× zo veel lucht als aardgas), verbrandt methaan volledig tot koolstofdioxide (CO_2) en water (H_2O). Dat zijn ongevaarlijke gassen. Je noemt dat **volledige verbranding**.

Als er minder lucht aanwezig is, verbrandt methaan niet volledig. Dat kun je zien aan de vlam: die is dan niet blauw, maar geel. Bij **onvolledige verbranding** ontstaan behalve koolstofdioxide en water ook roet en koolstofmono-oxide (CO) (afbeelding 4). Roet bestaat uit kleine deeltjes vaste stof, die een vieze, zwarte aanslag vormen. Koolstofmono-oxide is heel gevaarlijk. Het is reukloos, kleurloos en zeer giftig.

Het is belangrijk dat cv-ketels en gasboilers genoeg lucht krijgen aangevoerd (afbeelding 5). Dan verbrandt het aardgas volledig en ontstaat er geen koolstofmono-oxide. Als de luchttoevoer niet in orde is, kan dat ernstige gevolgen hebben. Elk jaar komen er mensen om het leven door vergiftiging met koolstofmono-oxide.



◀ **afbeelding 5**
De luchttoevoer van een gasbrander mag niet verstopt zitten.



▲ **afbeelding 6**
De vlam is geel door de roetdeeltjes die opgloeien.

De gasbrander

De **gasbrander** die je op school gebruikt, heeft ook aardgas als brandstof. Met de gasregelknop regel je de hoeveelheid aardgas die in de brander komt. Met de luchtregelring regel je de hoeveelheid toegevoerde lucht. In de schoorsteen worden beide gassen met elkaar gemengd.

Als de luchtregelring openstaat, verbrandt het aardgas volledig. De vlam is dan erg heet en nauwelijks te zien. Als je de luchtregelring helemaal dichtdraait, wordt de vlam geel en minder heet. Er is dan te weinig zuurstof aanwezig voor volledige verbranding.

Als je een reageerbuis met koud water in de gele vlam houdt, wordt hij zwart. De roetdeeltjes in de vlam vormen dan een zwarte aanslag op de reageerbuis (afbeelding 6).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Nederland aardgasland

In 1960 werd bij het dorp Slochteren (in de provincie Groningen) het grootste aardgasveld ter wereld ontdekt. Tien jaar later was bijna elk woonhuis in Nederland aangesloten op het aardgasnet. Aardgas werd net zo gewoon als water en elektriciteit.

Na 1960 zijn veel kleinere velden ontdekt, de meeste onder de bodem van de Noordzee (afbeelding 7). Daarnaast voert Nederland nog aardgas in uit het buitenland.

De samenstelling van het aardgas verschilt van veld tot veld. Om gas te kunnen leveren met een constante verbrandingswarmte, mengt de Gasunie aardgas uit verschillende velden. Als het methaangehalte te hoog is, wordt er stikstof aan het aardgas toegevoegd.

De jarenlange gaswinning heeft in Groningen tot problemen geleid. Verschillende plaatsen in het gaswinningsgebied zijn getroffen door aardbevingen, waarbij duizenden huizen beschadigd raakten.



▶ **afbeelding 7**
een gasproductieplatform in de Noordzee

2 Warmte en temperatuur



▲ **afbeelding 8**
water verwarmen met een dompelaar

Pim gebruikt een koffiezetapparaat om een kan koffie te zetten. Het water wordt door middel van elektriciteit verwarmd.

Werken met warmtebronnen

Om iets te verwarmen heb je een **warmtebron** nodig, bijvoorbeeld een fornuis of een elektrische kookplaat. Bij proeven op school gebruik je een gasbrander of een dompelaar als warmtebron.

In afbeelding 8 wordt water verwarmd met een dompelaar. Dat is een heel efficiënt proces: de elektrische energie (E) die de dompelaar opneemt, wordt volledig omgezet in warmte (Q). Anders gezegd: Q is gelijk aan E. Deze regel geldt voor alle elektrische warmtebronnen.

In klas 3 heb je geleerd om te berekenen hoeveel elektrische energie een apparaat gebruikt. De formule voor die berekening is: $E = P \cdot t$

Omdat een elektrische warmtebron alle energie omzet in warmte, kun je de hoeveelheid warmte berekenen met:

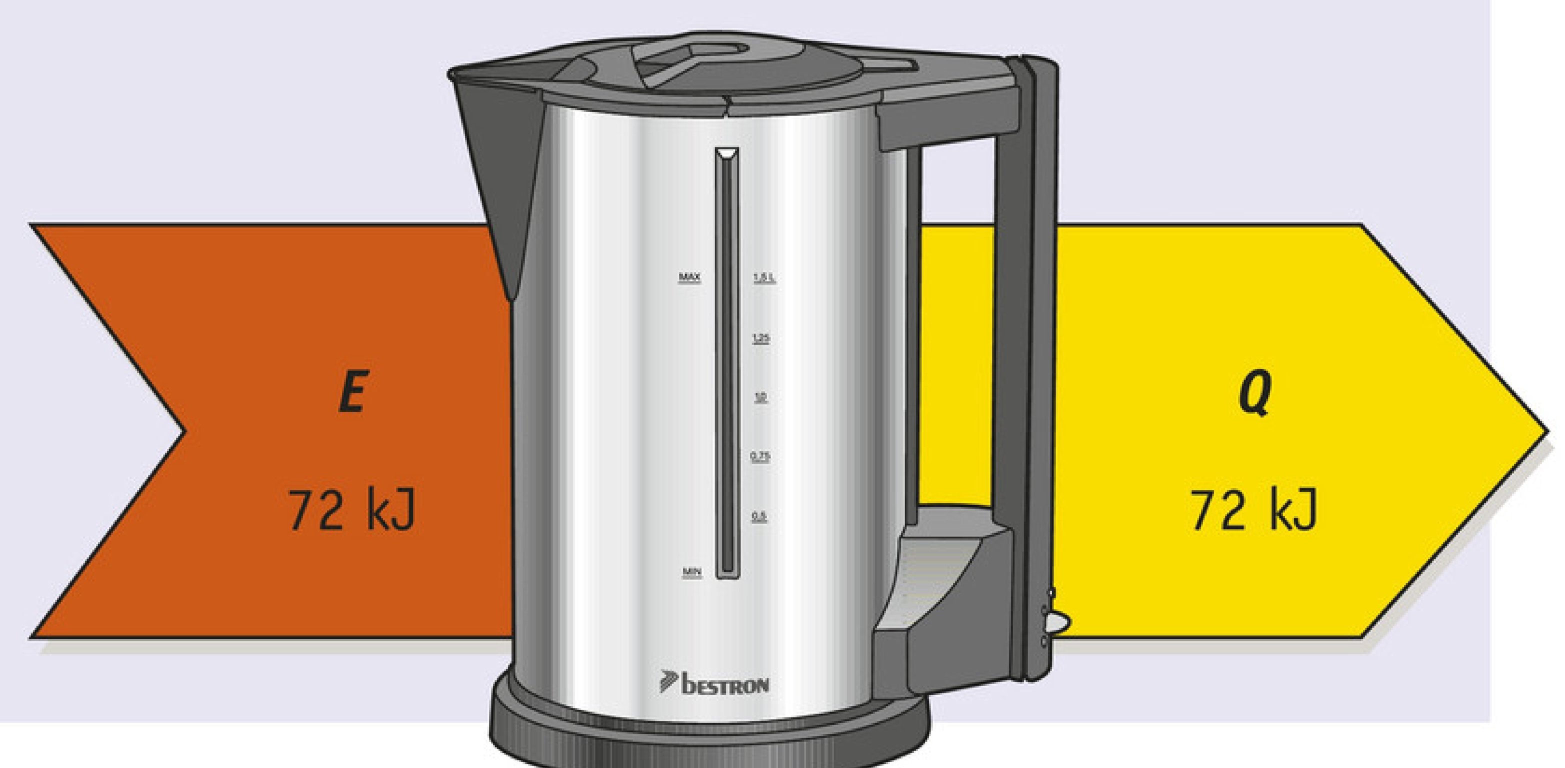
$$Q = E = P \cdot t$$

Als je het vermogen P invult in watt en de tijd t in seconde, dan vind je Q in joule.

Voorbeeld
Een waterkoker (800 W) doet er 1,5 minuut over om 200 mL water aan de kook te brengen.
Bereken hoeveel warmte de waterkoker in die tijd heeft geleverd.

P = 800 W
t = 90 s

$Q = E = P \cdot t$
= 800 × 90
= 72 000 J
= 72 kJ



▶ **afbeelding 9**
Voor elke elektrische warmtebron geldt: $Q = E$.

Soms moet je eerst het vermogen (P) uitrekenen met:

$P = U \cdot I$

Voorbeeld
Een waterkoker doet er drie minuten over om 450 mL water aan de kook te brengen. De waterkoker is aangesloten op het lichtnet en er loopt een stroom van 3,5 A tijdens het verwarmen.
Bereken hoeveel warmte de waterkoker in die tijd heeft geleverd.
Je moet nu eerst het vermogen uitrekenen.

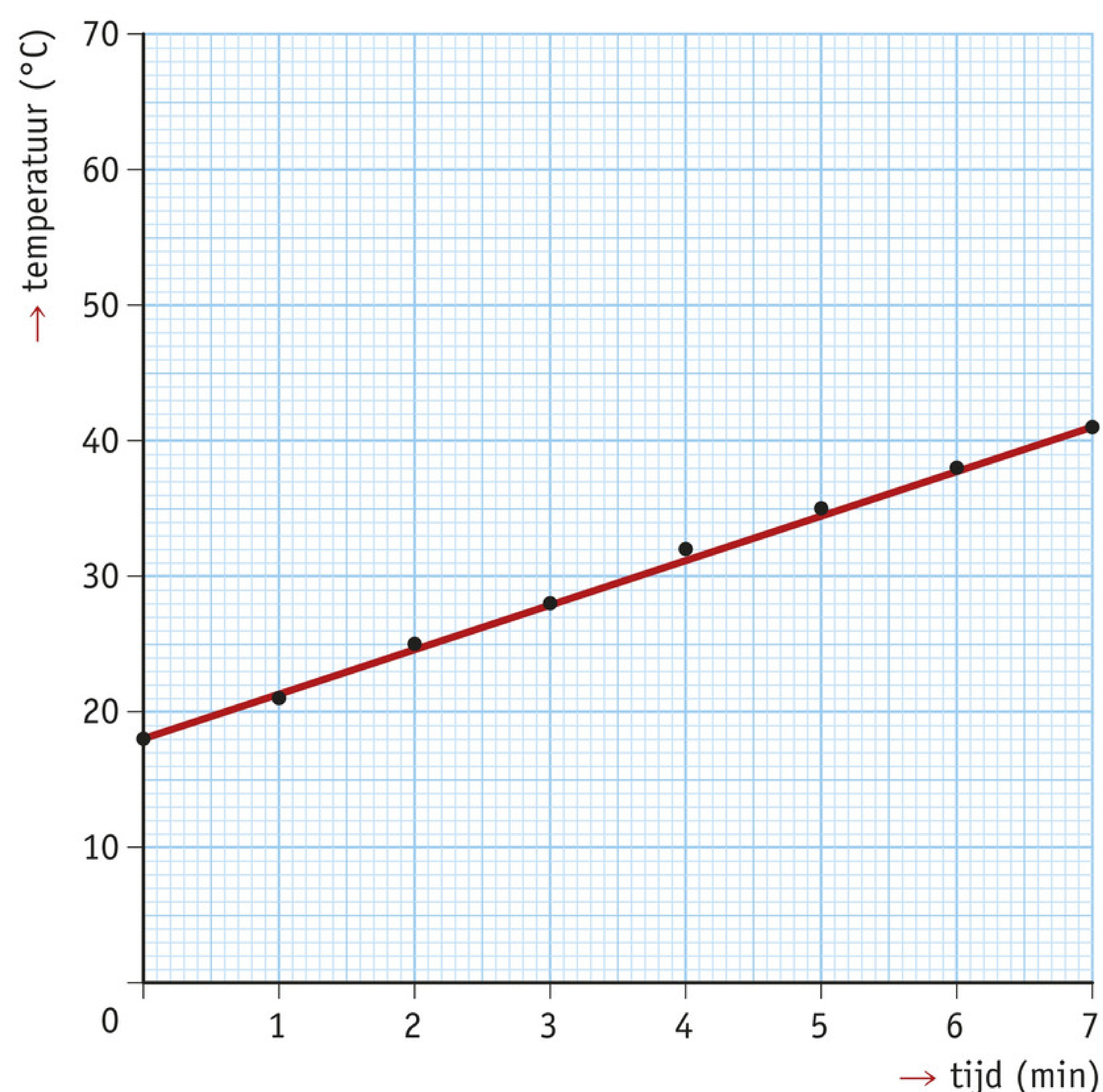
$P = U \cdot I = 230 \times 3{,}5 = 805$ W

Nu kun je de hoeveelheid geleverde warmte uitrekenen.

$Q = E = P \cdot t = 805 \times 180 = 144\ 900$ J = 145 kJ

Temperatuur, tijd en warmte Proef 1 en 2

Met een gasbrander kun je het water in een bekerglas verwarmen. Je ziet dan dat de temperatuur stijgt. Met een horloge en een thermometer kun je het verband tussen de temperatuur en de tijd bepalen. Je moet dan met regelmatige tussenpozen (bijvoorbeeld om de minuut) de temperatuur van het water aflezen. Na afloop geef je je meetresultaten weer in een diagram (afbeelding 10).



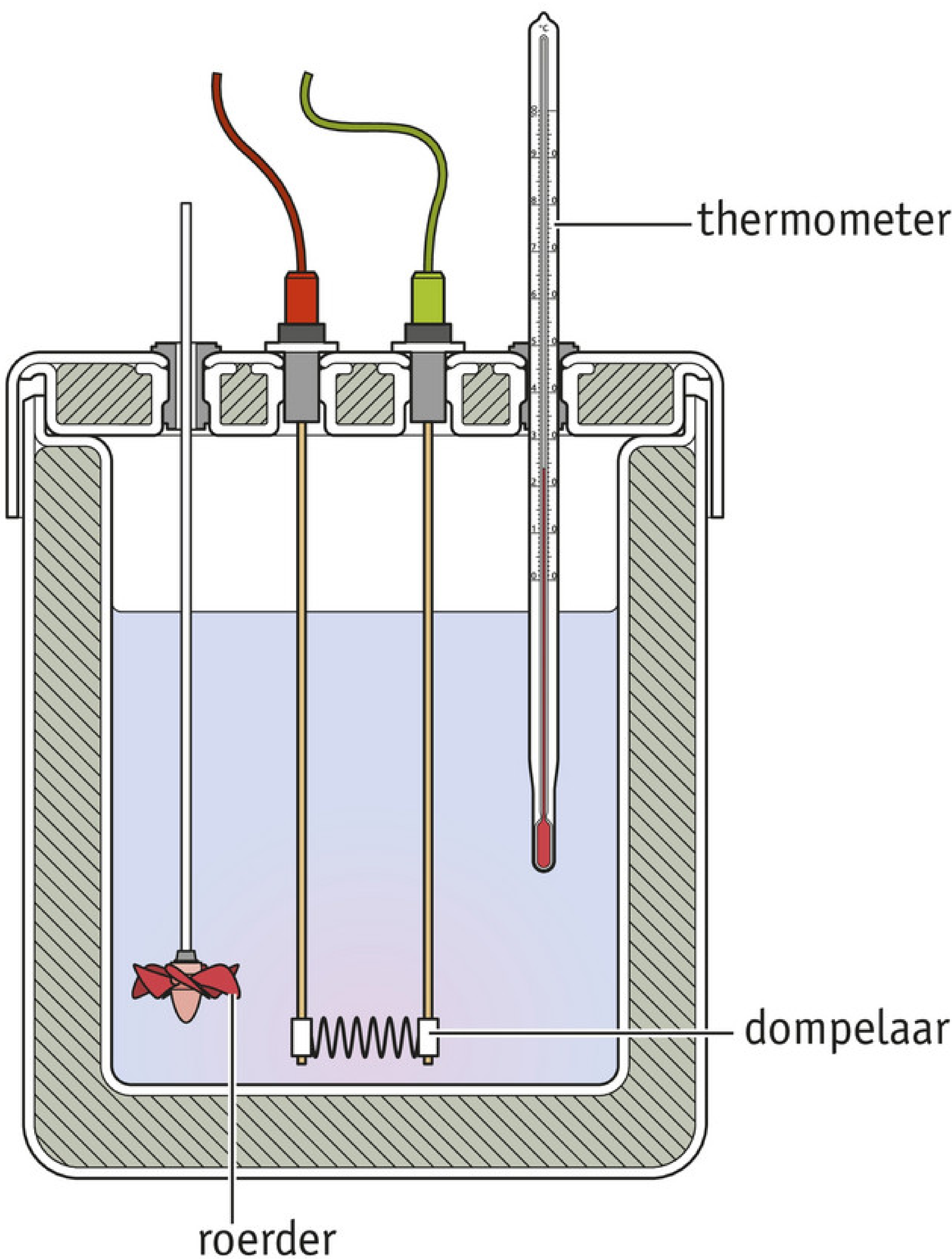
▲ **afbeelding 10**
een (temperatuur,tijd)-diagram

Je kunt ook het verband bepalen tussen de temperatuur en de hoeveelheid warmte. Dat gaat het gemakkelijkst met een dompelaar als warmtebron. Je meet weer met regelmatige tussenpozen de temperatuur. Na afloop bereken je de hoeveelheid toegevoerde warmte na één minuut, twee minuten, drie minuten, enzovoort.

Voorbeeld
Ivar heeft 100 mL water verwarmd met een dompelaar van 20 W. In tabel 2 zie je zijn meetgegevens.
Bereken de hoeveelheid toegevoerde warmte.

P = 20 W
t = 60 s, 120 s, 180 s, enzovoort

Na 1 min: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 60 = 1200$ J = 1,2 kJ
Na 2 min: $Q = E = P \cdot t = 20 \times 120 = 2400$ J = 2,4 kJ
Enzovoort.



▲ **afbeelding 11**
een warmtemeter in doorsnede

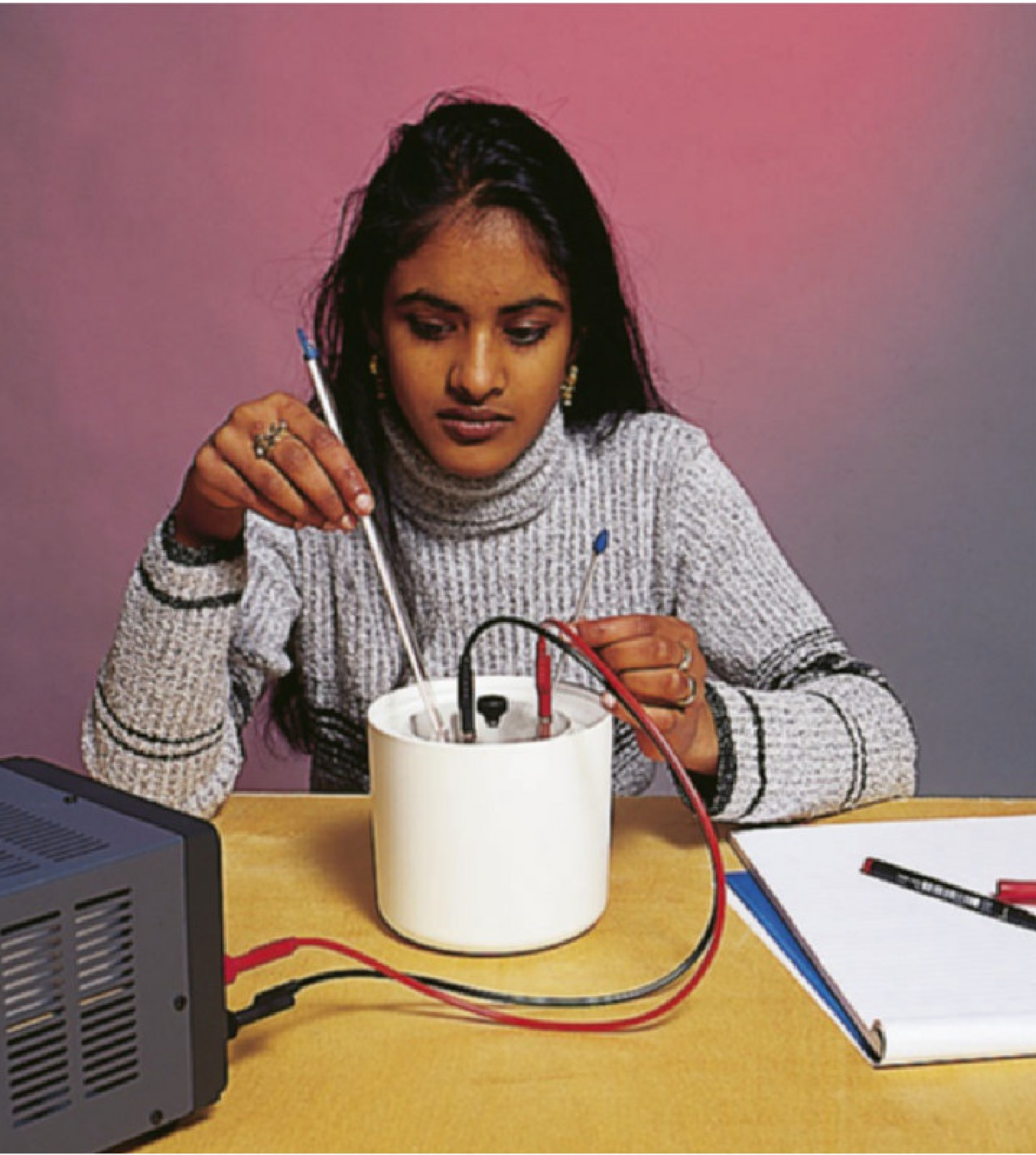
Proeven met een warmtemeter

Om nauwkeurige proeven met warmte te doen, heb je een **warmtemeter** nodig (afbeelding 11). Het bakje van een warmtemeter is goed geïsoleerd. Daardoor kan er bijna geen warmte naar de omgeving verdwijnen. Van de warmte die de dompelaar levert, wordt bijna 100% door de vloeistof opgenomen.

Je kunt de meetresultaten verwerken tot een diagram waarin je de temperatuur uitzet tegen de toegevoerde warmte. Met dit soort diagrammen kun je allerlei onderzoeksvragen beantwoorden. Bijvoorbeeld:
- Is het verband tussen de toegevoerde warmte en de temperatuur lineair?
- Hoeveel warmte is nodig om 50 mL water aan de kook te brengen?
- Stijgt de temperatuur van andere vloeistoffen op dezelfde manier als bij water?

▼ **tabel 2** de meetgegevens van Ivar

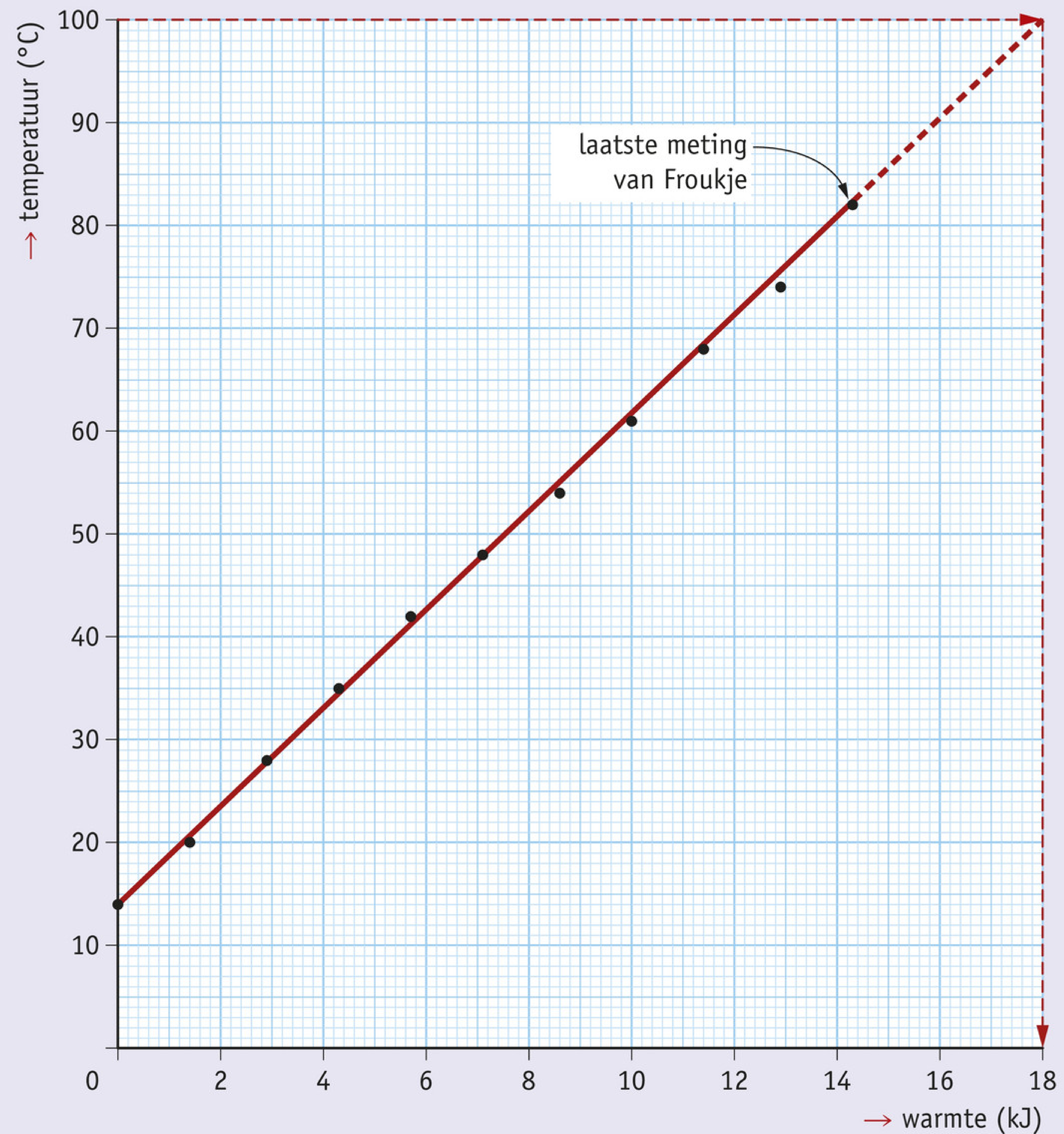
tijd (min)	warmte (kJ)	temperatuur (°C)
0	0,0	18
1	1,2	21
2	2,4	25
3	3,6	28
4	4,8	32
5	6,0	35
6	7,2	38
7	8,4	41



▲ **afbeelding 12**
Froukje verzamelt gegevens voor een (temperatuur,warmte)-diagram.

Voorbeeld

Froukje heeft 50 mL water verwarmd met een warmtemeter (afbeelding 12). In afbeelding 13 zie je het (temperatuur,warmte)-diagram van deze proef.
Hoeveel warmte is ervoor nodig om 50 mL water van 14 °C aan de kook te brengen?



▶ **afbeelding 13**
het (temperatuur,warmte)-diagram van de proef van Froukje

Het water begint te koken als de temperatuur 100 °C is. Als je de grafiek doortrekt, kun je aflezen: bij 100 °C (op de verticale as) hoort 18 kJ (op de horizontale as). Er is dus 18 kJ warmte nodig.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Energie in voedsel

Warmtebronnen zoals cv-ketels en houtkachels werken op brandstoffen. Ze zetten de chemische energie in de brandstof om in warmte. Hetzelfde gebeurt in je eigen lichaam. Je lichaam zet de chemische energie in voedsel om in warmte.

Je lichaam kan drie soorten voedingsstoffen verbranden: koolhydraten, vetten en eiwitten. Op de verpakking van voedingsmiddelen wordt altijd de energiewaarde van het product vermeld (afbeelding 14). Dat is de hoeveelheid energie die 100 gram van het product aan je lichaam levert. Je mag ook zeggen: dat is de warmte die vrijkomt als je alle koolhydraten, vetten en eiwitten in 100 gram product verbrandt.

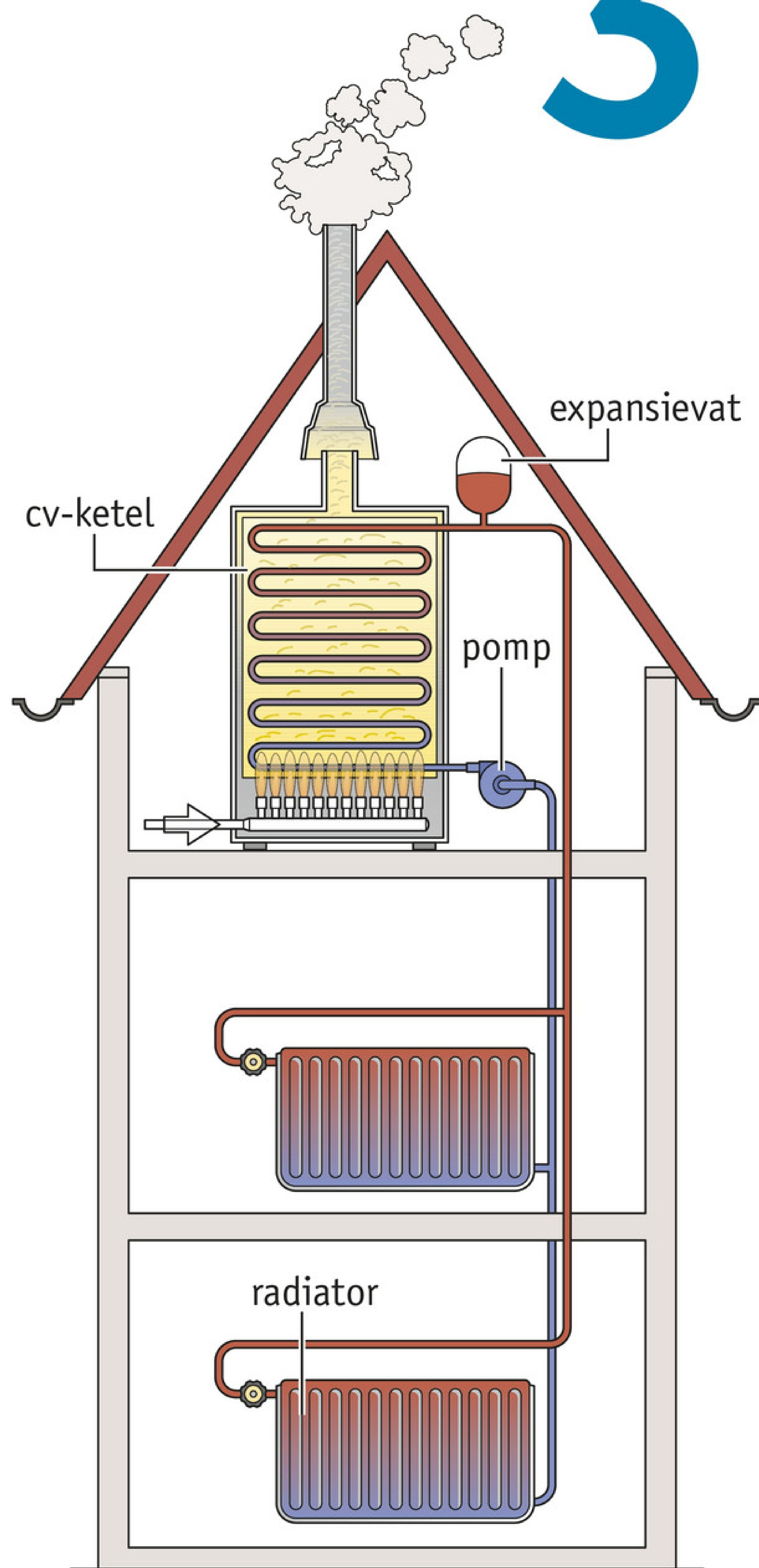
E = door EU goedgekeurde hulpstoffen.
Bewaaradvies: koel en droog bewaren.
Ten minste houdbaar tot einde: zie bovenzijde.

Gemiddelde voedingswaarde per 100 g:	
Energie	1811 kJ 433 kcal
Eiwit	4,9 g
Koolhydraten	67,9 g
Waarvan suikers	64,9 g
Vet	15,5 g
Waarvan verzadigd vet	8,9 g
Enkelv. onverzadigd vet	5,7 g
Meerv. onverzadigd vet	0,9 g
Voedingsvezel	6,8 g
Natrium	0,18 g

Perfekt, Antwoordnummer 3500, 4140 VH BEESD

▶ **afbeelding 14**
Op de verpakking staat informatie over de energiewaarde.

3 Warmtetransport



▲ **afbeelding 15**
een schematische weergave van de cv-installatie in een woonhuis

Als je een hand boven een warme radiator van de cv houdt, voel je een warme luchtstroom opstijgen. Met je hand naast de radiator voel je wel warmte, maar geen stroming.

De centrale verwarming

In afbeelding 15 zie je de cv-installatie in een woonhuis. In de cv-ketel wordt water verwarmd door aardgas te verbranden. Het water neemt de warmte op en wordt daarna naar de radiatoren gepompt. Daar staat het water de warmte weer af. Zo worden de verschillende vertrekken in huis verwarmd.

De warmte wordt van de verwarmingsketel naar de verschillende kamers in huis vervoerd. Daarbij kom je verschillende vormen van **warmtetransport** tegen: geleiding, stroming en straling.

Geleiding

Als heet water een koude radiator binnenstroomt, wordt de buitenkant van de radiator snel warm. Dat komt doordat het metaal van de radiator een goede warmtegeleider is: de warmte verplaatst zich gemakkelijk door de stalen wand van de radiator. Het staal komt daarbij niet van zijn plaats: de warmte verplaatst zich door het staal heen. Dat is kenmerkend voor **geleiding**.

Bij geleiding verplaatst de warmte zich van de plaats met de hoogste temperatuur (de binnenkant van de radiator) naar de plaats met de laagste temperatuur (de buitenkant van de radiator). Hoe groter het temperatuurverschil, des te meer warmte er wordt vervoerd (van de binnen- naar de buitenkant van de radiator).

Metalen zijn over het algemeen goede warmtegeleiders. Daarom zijn de potten en pannen in een keuken vaak van metaal. Veelgebruikte metalen zijn gietijzer, staal, aluminium en koper. Ze zorgen voor een goede warmtegeleiding van de gasvlam of de kookplaat naar de inhoud van de pan (afbeelding 16).



◀ **afbeelding 16**
Aluminium is licht, sterk en het is een goede warmtegeleider: ideaal voor zo'n pannetje.

Hout en plastic zijn slechte warmtegeleiders. Daarom gebruik je in de keuken houten lepels om in de soep te roeren, en hebben pannen handvatten van plastic. Andere slechte geleiders zijn water en lucht. Vooral lucht geleidt de warmte zeer slecht. Isolatiematerialen, zoals glaswol en tempex, bestaan dan ook voor een groot deel uit lucht.

Stroming

Als de lucht rond een radiator warm wordt, ontstaat er een stroming. De warme lucht zet uit en wordt 'lichter'. De dichtheid van de warme lucht wordt kleiner, waardoor de warme lucht opstijgt in de koudere lucht. Tegen het plafond stroomt de lucht opzij, koelt af en zakt aan de andere kant van de kamer weer naar beneden. Intussen wordt er koude lucht van onder en opzij naar de radiator toe 'gezogen'. Deze lucht wordt op zijn beurt verwarmd en gaat stijgen.



▲ **afbeelding 17**
stroming in water

De bewegende lucht vervoert de warmte naar alle hoeken van de kamer. Dit noem je warmtetransport door **stroming**. De warmte beweegt niet door de lucht heen (zoals bij geleiding), maar wordt door de bewegende lucht meegenomen. Dit is kenmerkend voor stroming. Door die stroming kan lucht veel warmte vervoeren, ook al is ze een slechte warmtegeleider.

Ook bij stroming verplaatst de warmte zich van de plaats met de hoogste temperatuur naar de plaats met de laagste temperatuur. Hoe hoger het temperatuurverschil is, des te meer warmte er wordt getransporteerd.

Water gaat net als lucht stromen als je het van onderaf verwarmt. In afbeelding 17 is de stroming met een kleurstof zichtbaar gemaakt. Boven de vlam stijgt het water met de kleurstof. Aan het oppervlak beweegt het water opzij.

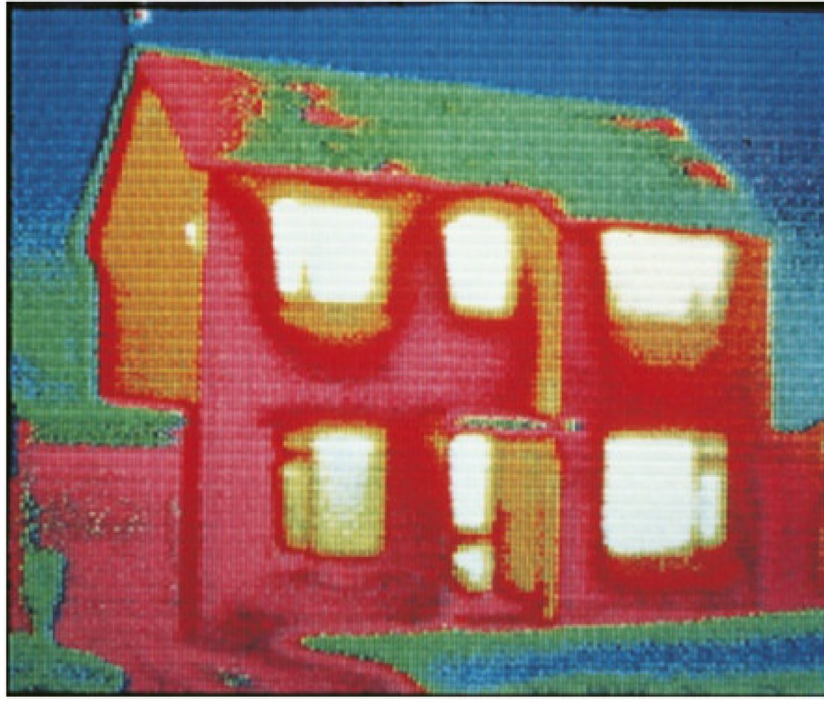


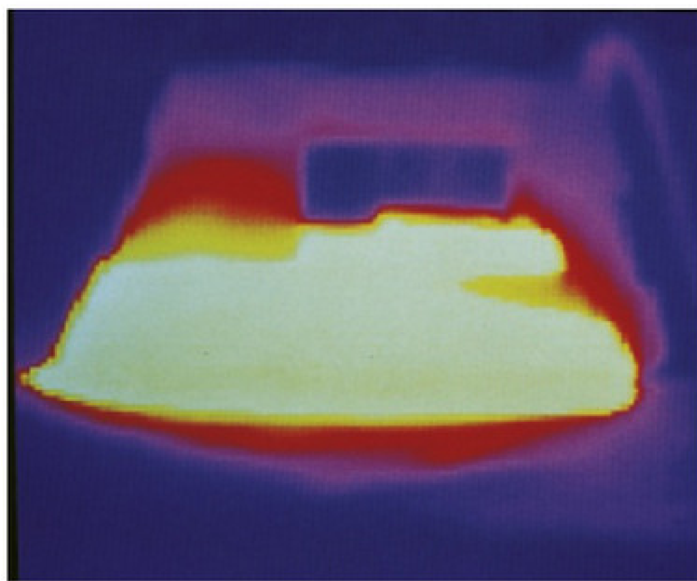
BEROEPENORIËNTATIE

Een schoon milieu

Niet alleen warmte wordt vervoerd door water en lucht, ook vervuilende stoffen kunnen zich door stroming verplaatsen. Luchtverontreiniging van industrie of verkeer kan neerkomen in gebieden waar mensen wonen. Bij een ongeluk met een olietanker op volle zee moet vaak met man en macht worden gewerkt om te voorkomen dat de olie zich verspreidt. Bij milieuvervuiling speelt stroming dus een rol. Een milieufunctionaris houdt zich bezig met natuur, water, lucht en bodem. Wil je werken aan een schoon milieu, dan kun je de opleiding Milieu en ruimte kiezen.

◀ **afbeelding 18**
Deze milieufunctionaris neemt een watermonster voor onderzoek in een laboratorium.





▲ **afbeelding 19**
Deze foto's zijn genomen met een infraroodcamera.

Straling

Als je je hand vlak voor een radiator houdt, wordt je hand warm. Dat komt doordat de radiator infrarode straling uitzendt. Een voorwerp, in dit geval je hand, kan die **straling** absorberen. Het stijgt daardoor in temperatuur. Je hand wordt ook warm als er fel zonlicht op valt. De temperatuur van je hand stijgt dan doordat hij een deel van het zonlicht absorbeert.

Infrarode straling en licht kunnen dus warmte vervoeren. Ze vervoeren die warmte van het voorwerp met de hoogste temperatuur (dat de straling uitzendt) naar het voorwerp met de laagste temperatuur (dat de straling absorbeert). Daarvoor is geen tussenstof nodig: straling kan zich ongehinderd verplaatsen door het vacuüm van de ruimte. De warmte van de zon wordt door straling over een afstand van ongeveer 150 miljoen kilometer vervoerd. Straling kan ook door stoffen bewegen, maar alleen als die doorzichtig zijn, zoals lucht of glas.

Doffe en donkere voorwerpen absorberen veel straling. Daarom dragen mensen 's zomers liever geen donkere kleding: ze krijgen het daarin snel te warm. Doffe en donkere voorwerpen zijn ook goede warmtestralers. Als ze heet zijn, kunnen ze in korte tijd veel warmte door straling kwijtraken.

Lichte en glanzende voorwerpen absorberen maar weinig straling; de meeste straling wordt teruggekaatst. Het zijn ook slechte warmtestralers.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Koken op zonne-energie

In ontwikkelingslanden koken veel mensen op hout. Maar brandhout is vaak schaars. Ook neemt de erosie toe als er steeds meer bossen verdwijnen.

In veel ontwikkelingslanden is overdag geen gebrek aan zonne-energie. Zelfs als het bewolkt is, komt er meestal genoeg zonlicht door de wolken heen. Koken op zonne-energie is daarom een voor de hand liggende oplossing.

In afbeelding 20 zie je een eenvoudig, maar effectief ontwerp: de CooKit. Deze zonne-oven bestaat uit drie onderdelen:

- een reflector die het zonlicht concentreert op de pan;
- een zwart geverfde pan die het zonlicht absorbeert;
- een hittebestendige plastic zak die voor isolatie zorgt.



◀ **afbeelding 20**
de CooKit: een eenvoudige, maar effectieve zonne-oven

4 Isoleren

Als het 's winters heeft gesneeuwd, kun je goed zien welke huizen geïsoleerd zijn. Daar blijft de sneeuw het langst op het dak liggen.

Warmteverlies

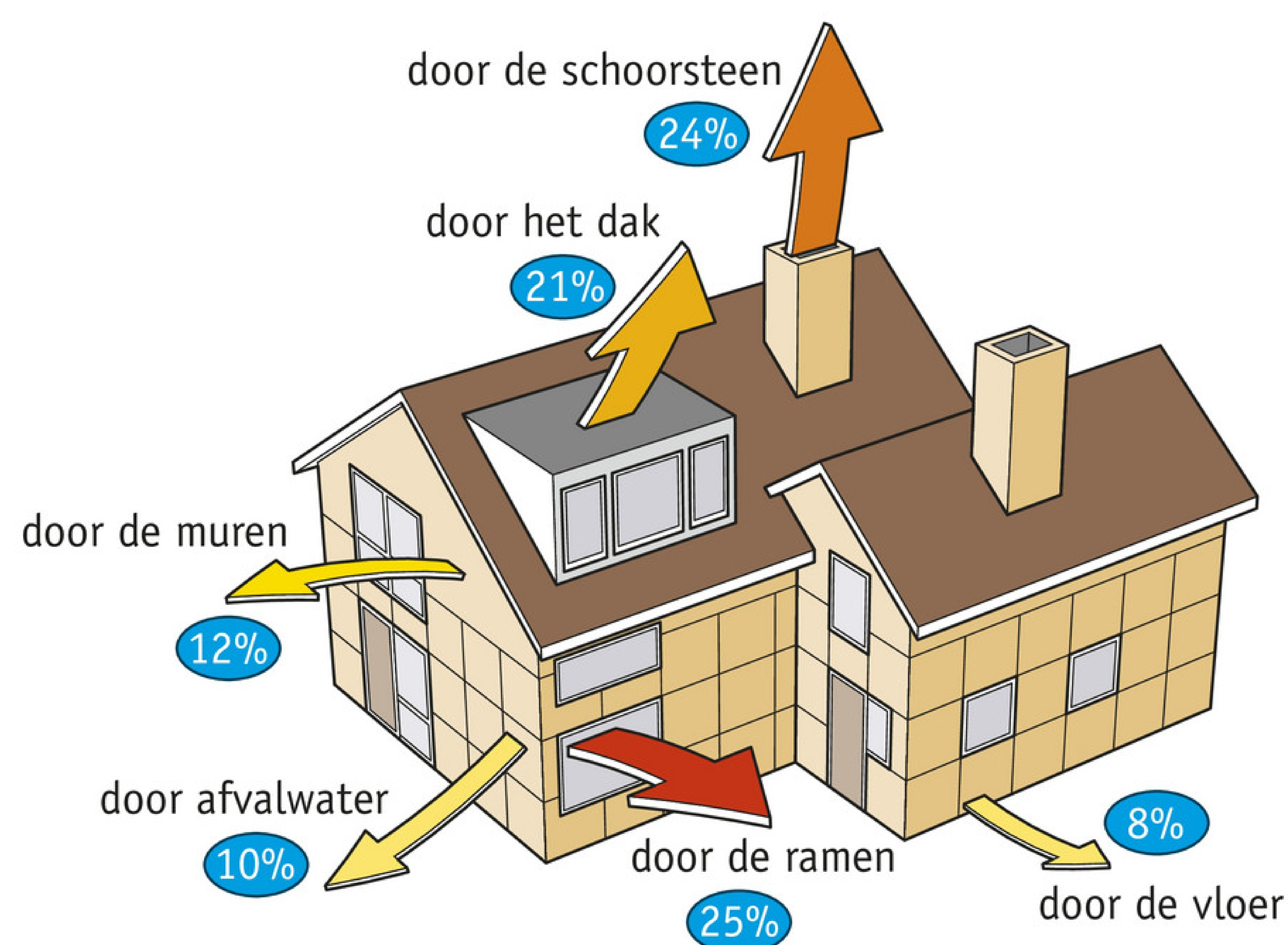
Als je de kachel in een kamer aanzet, zal de temperatuur eerst stijgen. Maar na verloop van tijd verandert de temperatuur niet meer, ook al brandt de kachel nog steeds. Dat komt doordat er dan evenveel warmte naar buiten verdwijnt (door de wanden, de ramen, de vloer en het plafond) als de kachel produceert.

Een deel van de warmte verdwijnt door ventilatie. De warme lucht in huis wordt daarbij vervangen door koude lucht van buiten. Een ander deel verdwijnt door de muren, de ramen, de vloer en het dak naar buiten.

Warmteverlies wordt veroorzaakt door:
- geleiding: de warmte beweegt door muren en ruiten heen;
- stroming: stromende lucht neemt warmte mee naar buiten;
- straling: 'warme' muren en ruiten stralen warmte uit.

Warmteverlies tegengaan

De warmte die naar buiten verdwijnt, moet meteen weer worden aangevuld. Anders daalt de temperatuur in huis steeds verder, tot het binnen even koud is als buiten. Hoe kouder het buiten is, hoe meer gas een cv-ketel moet verbranden om de temperatuur in huis op peil te houden.



▶ **afbeelding 21**
het warmteverlies van een woning

Als het huis slecht is geïsoleerd, zal er veel warmte naar buiten verdwijnen. De cv-ketel moet dan flink branden om de verloren warmte weer aan te vullen. Je kunt het warmteverlies tegengaan door het huis te isoleren. De cv-ketel hoeft dan niet zo veel warmte te leveren om voor een aangename temperatuur te zorgen.

Door een huis te isoleren kun je het gasverbruik dus naar beneden brengen. Dat heeft veel voordelen: de aardgasvoorraad op aarde raakt minder snel op, je bespaart geld en er komen minder schadelijke stoffen in de atmosfeer terecht.



▲ **afbeelding 22**
Isolatiematerialen bestaan grotendeels uit lucht die in kleine ruimten is opgesloten.

Muren isoleren

Warmteverlies door een muur kun je tegengaan door tegen de muur een laag **isolatiemateriaal** aan te brengen. Ook daken en vloeren worden vaak op deze manier geïsoleerd. Een vijf centimeter dikke laag isolatiemateriaal kan het warmteverlies door een muur 4× zo klein maken.

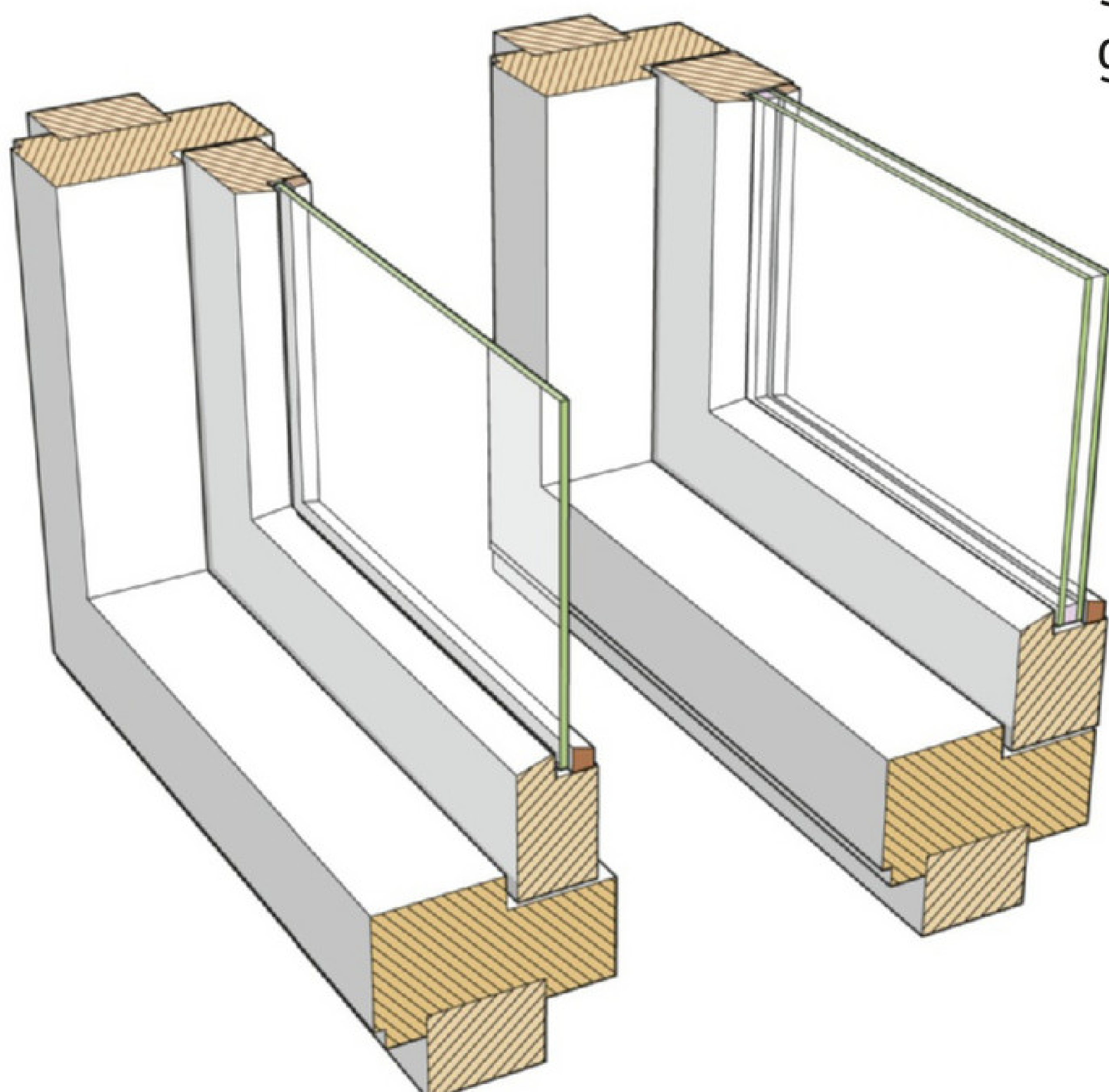
Isolatiematerialen zitten vol met kleine ruimtes waar lucht in zit. Doordat die lucht in de kleine ruimtes zit opgesloten, kan er geen stroming ontstaan. Stilstaande lucht geleidt de warmte erg slecht. Veel slechter dan bijvoorbeeld plastic, glas of een andere vaste stof. Glaswol bevat veel stilstaande lucht en wordt vaak toegepast voor de isolatie van muren.

Een huis isoleren

Er zijn nog veel meer manieren om een huis te isoleren. Een paar voorbeelden:

Dubbel glas
Door de ramen van een huis verdwijnt veel warmte naar buiten. Vooral als er tussen de lucht in de kamer en de koude buitenlucht maar één dun laagje glas zit.

In plaats van enkel glas wordt vaak **dubbel glas** aangebracht. Op die manier kun je het warmteverlies door de ruit 2× zo klein maken. Dubbel glas isoleert vooral goed door de laag stilstaande lucht tussen de twee glasplaten.



◀ **afbeelding 23**
enkel glas (links) en dubbel glas (rechts)

Spouwmuurisolatie
Veel huizen hebben dubbele muren, waartussen zich een laag lucht bevindt: de **spouw**. De spouw voorkomt dat er regenwater door de muur naar binnen kan dringen.



▲ **afbeelding 24**
Een spouwmuur wordt geïsoleerd met glaswol.

Toch gaat er via de spouw veel warmte verloren. Dat komt vooral door straling en doordat er in de spouw genoeg ruimte is om de lucht te laten stromen.

Het is mogelijk om de spouw te vullen met isolatiemateriaal. De warmte kan zich dan alleen door geleiding verplaatsen. Omdat isolatiemateriaal warmte slecht geleidt, kun je het warmteverlies zo meer dan 2× zo klein maken.

Stralingsisolatie
Een radiator zendt naar alle kanten infrarode straling uit. Die straling verwarmt ook de muur waar de radiator aan hangt. Een deel van die warmte gaat verloren. Dit kun je tegengaan door een laag glanzende folie op de muur te bevestigen. Glanzende materialen weerkaatsen straling. De stralingswarmte komt daardoor terug in de kamer. Aluminiumfolie is zeer geschikt voor deze vorm van isolatie.

Dak- en vloerisolatie
Daken en vloeren kun je isoleren met isolatiematerialen zoals glas- en steenwol, polystyreen en luchtkussenfolie. Het isolerend effect is vooral te danken aan de lucht die in deze materialen zit opgesloten.

Voorbeeld
Ina leest in een folder dat je met het isoleren van cv-leidingen veel energie kunt besparen: zo'n 10 m^3 aardgas per meter leiding per jaar. 1 m^3 aardgas levert $32 \cdot 10^6$ J warmte. De gasprijs is € 0,65 per m^3 (in 2014). Ina isoleert 18 m cv-leiding in haar huis.
Hoeveel warmte bespaart ze daarmee per jaar? En hoeveel geld bespaart Ina door deze isolatie?

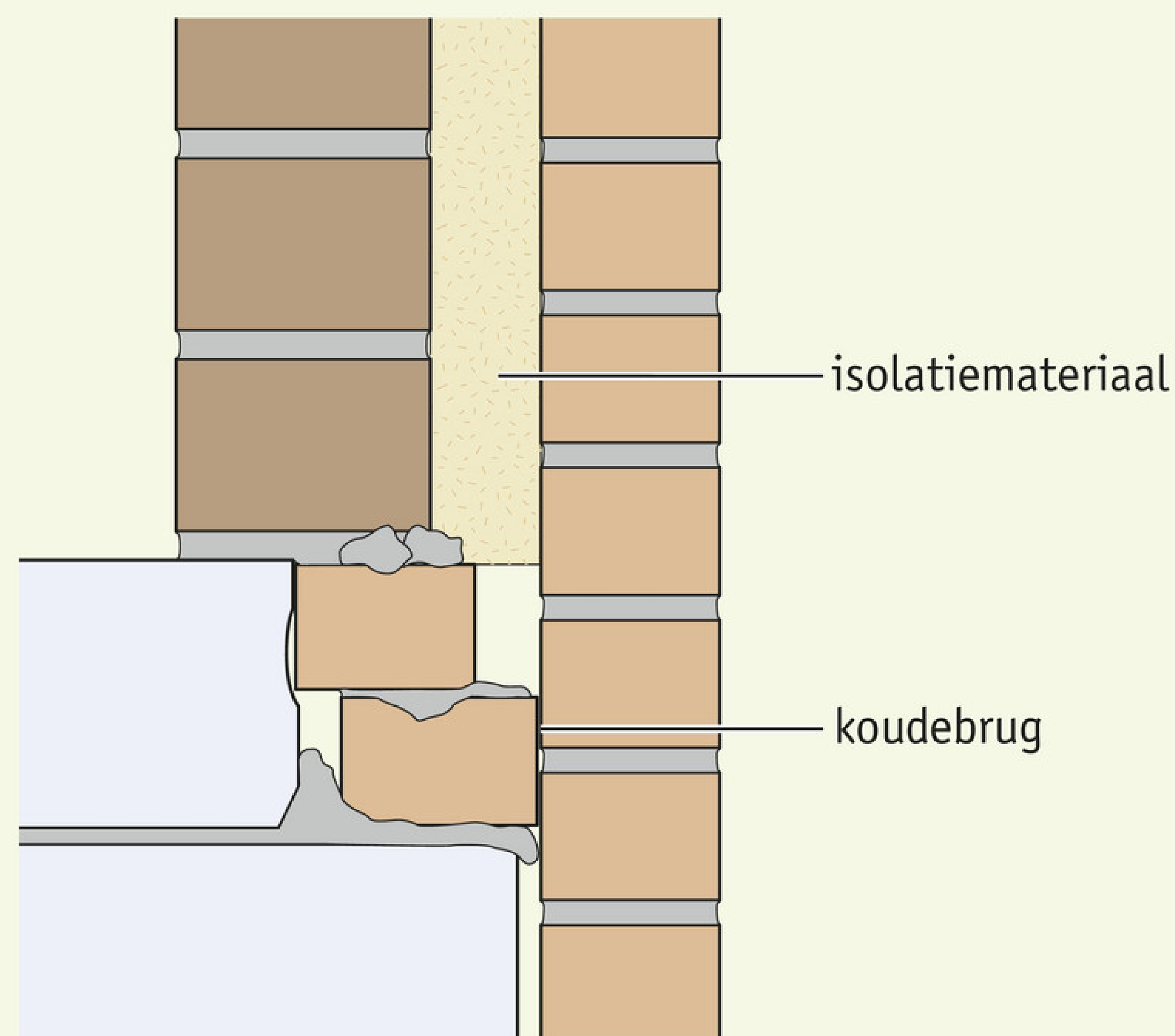
Voor 18 m leiding is de besparing $18 \times 10 = 180$ m^3 aardgas per jaar.
Dat komt overeen met $180 \times 32 \cdot 10^6 \approx 5{,}8 \cdot 10^9$ J warmte.
Ina bespaart door de isolatie 180 m^3 aardgas. Dat is dus elk jaar 180 × € 0,65 = € 117,–. De kosten van het isoleren verdient Ina op deze manier snel terug.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Koudebrug

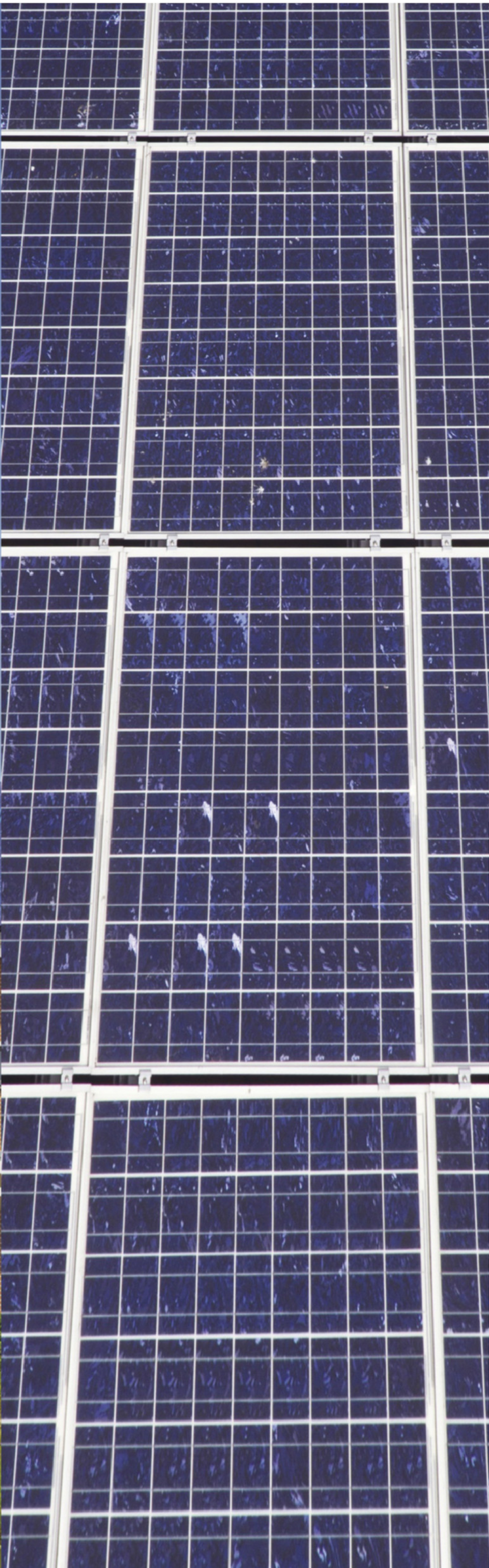
Bouwmaterialen zoals baksteen en beton geleiden de warmte vrij goed. Daarom worden de muren, daken en vloeren van een huis geïsoleerd. Het is belangrijk dat de isolatie van een huis overal goed aansluit, anders kan de warmte op die plaats gemakkelijk naar buiten verdwijnen. Zo'n slecht geïsoleerde plaats noem je een 'koudebrug'.

In afbeelding 25 zie je een voorbeeld van een koudebrug. De muur-isolatie loopt niet ver genoeg door. De warmte kan nu ontsnappen door de bakstenen. Doordat de muur op deze plaats koud wordt, kan daar condensvorming ontstaan. De muur wordt dan vochtig en zal op den duur gaan schimmelen.



▶ **afbeelding 25**
een koudebrug





3 Energie

Energie gebruiken

Wat je ook doet, er is altijd energie voor nodig. Of je nu sport, naar muziek luistert, op vakantie gaat, een pizza eet of je vriendin belt: je kunt niets zonder een energiebron die de benodigde energie levert.

1 Energie omzetten

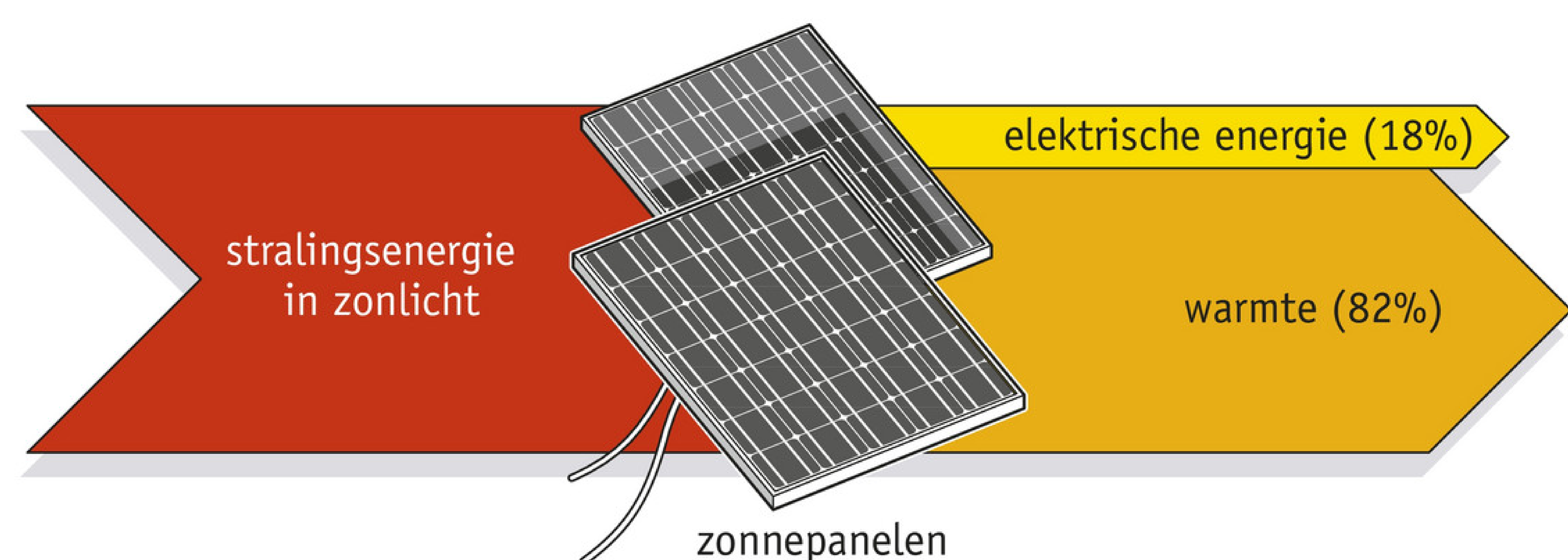
Artiesten op een podium staan onder grote lichtinstallaties. Ze merken daardoor heel goed dat lampen niet alleen maar licht afgeven.

Energieomzetters

Een dieselmotor, een elektrische oven, een luidspreker, een accu, een gloeilamp, een dynamo, een staafmixer, een cv-ketel, een vuurpijl, een windmolen en een zonnecel zijn heel verschillende 'apparaten'. Maar ze hebben een belangrijke overeenkomst: het zijn allemaal **energieomzetters**. Ze nemen één soort energie op en geven daar een of meer andere soorten energie voor terug.

Je bent zelf ook een energieomzetter. Je hebt voedsel nodig om je lichaam van chemische energie te voorzien. Die chemische energie wordt door je lichaam omgezet in beweging en warmte. Die warmte is nodig om je lichaamstemperatuur op 37 °C te houden. Als je een middag fanatiek sport, heb je na afloop veel zin in eten: de verbruikte chemische energie moet je weer aanvullen.

Je kunt energieomzettingen weergeven in een **energie-stroomdiagram**. In zo'n diagram zie je welk soort energie wordt opgenomen en welke soorten energie worden afgegeven. In afbeelding 1 is het diagram van een paneel zonnecellen getekend. Je ziet dat een zonnepaneel stralingsenergie omzet in elektrische energie en warmte.



▶ **afbeelding 1**
het energie-stroomdiagram van zonnepanelen

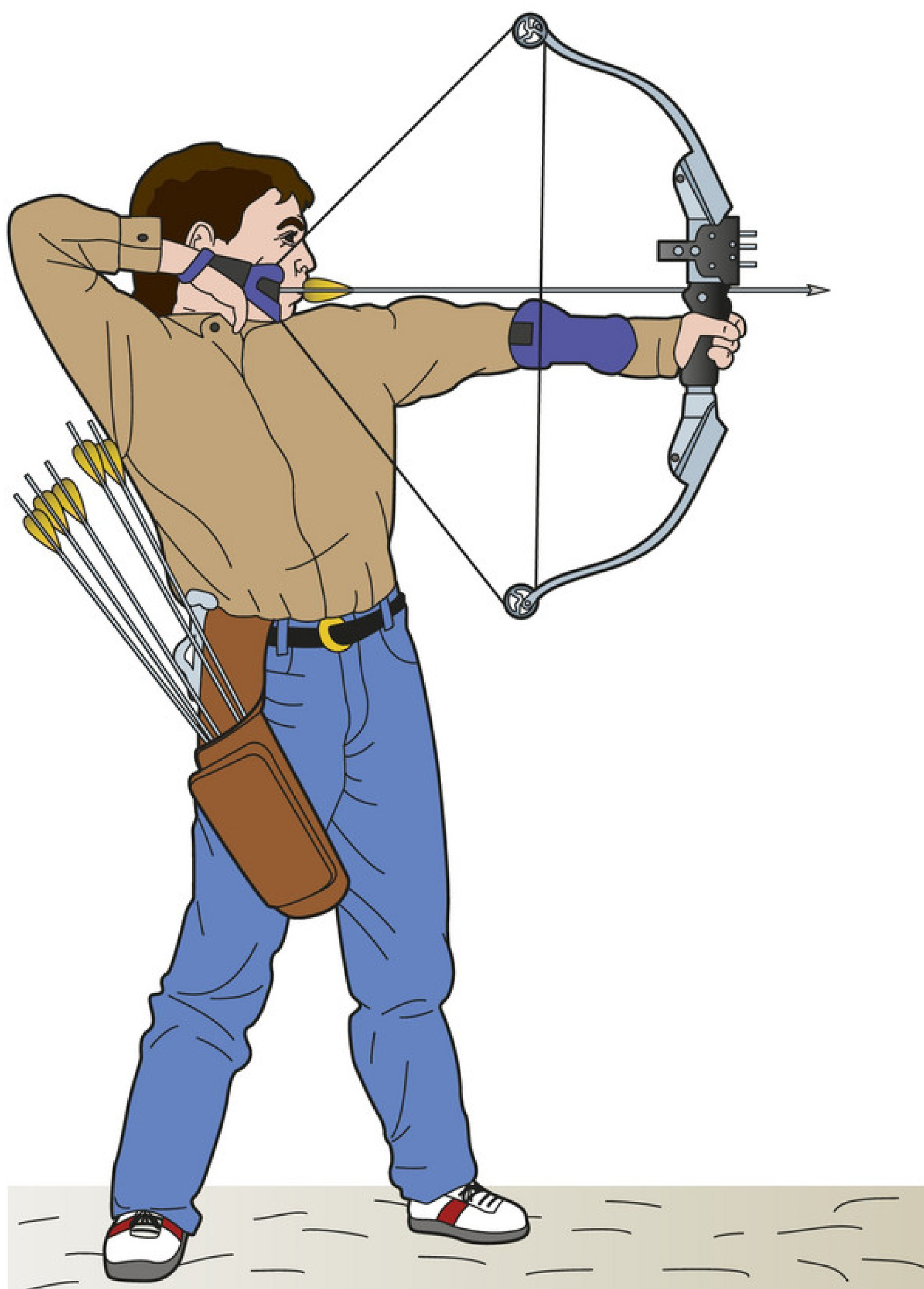
Soorten energie

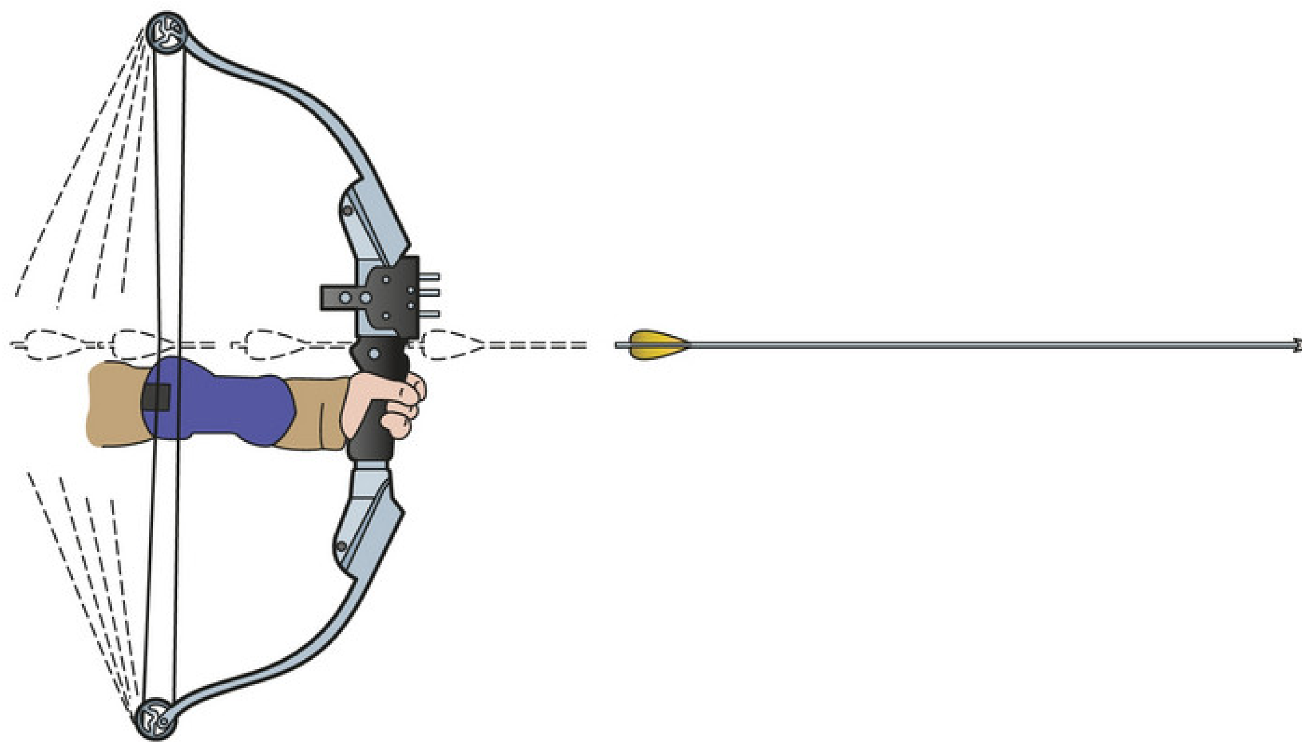
De verschillende soorten energie op een rij:

1 **Chemische energie** is energie die zit opgeslagen in een stof. Denk bijvoorbeeld aan aardgas en benzine, maar ook aan de stoffen in een batterij of een accu. Er is altijd een chemische reactie nodig om deze energie vrij te maken.
2 **Kernenergie** wordt geleverd door stoffen zoals uranium en plutonium. In kerncentrales wordt deze energie gebruikt om elektriciteit op te wekken.

3 **Elektrische energie**. Batterijen, accu's, dynamo's en generatoren leveren elektrische energie voor allerlei toepassingen.
4 **Stralingsenergie** kom je onder andere tegen in licht en in infrarode straling. Een zonnecollector zet de stralingsenergie in zonlicht om in warmte-energie.
5 **Bewegingsenergie**. Alles wat beweegt heeft bewegingsenergie. De wieken van een windturbine worden aangedreven door de bewegingsenergie van bewegende lucht.
6 **Zwaarte-energie**. Het water in een stuwmeer levert zwaarte-energie voor een waterkrachtcentrale. In de centrale wordt die zwaarte-energie omgezet in elektrische energie.
7 **Veerenergie** of **elastische energie**. Als je een boog spant, wordt er in de boog veerenergie opgeslagen. Als je de boog weer loslaat, wordt de veerenergie omgezet in bewegingsenergie (afbeelding 2).

▼ **afbeelding 2**
veerenergie omzetten in bewegingsenergie





8 **Warmte-energie** of kortweg warmte. Een gasfornuis produceert warmte om voedsel mee te koken. Een cv-ketel produceert warmte om het huis warm te houden. Maar warmte is ook vaak een ongewenst bijproduct. Veel machines en apparaten worden warm en je moet ze koelen, omdat ze kapot kunnen gaan als ze die (ongewenste) warmte niet kwijtraken.



BEROEPENORIËNTATIE

Inspanningsfysioloog

Tijdens inspanning is je lichaam hard aan het werk. Het moet energie vrijmaken door glucose te verbranden. Een inspanningsfysioloog weet hoe het lichaam (onder andere hart, longen, bloedsomloop, spieren) zich aanpast aan inspanning. Hij meet bijvoorbeeld bij een sporter de reacties van het lichaam op inspanning. Met die kennis kan hij de sporter een op maat gemaakt advies geven om zijn lichamelijke conditie te verbeteren en/of een topprestatie neer te zetten.

◀ **afbeelding 3**
Een inspanningsfysioloog onderzoekt een sporter.

Energie meten

Alle soorten energie meet je in joule (J): van de energie in een batterij tot de energie in een pot pindakaas. 1 joule is maar een heel klein beetje energie. Daarom wordt voor alledaagse situaties meestal de kilojoule of de megajoule gebruikt:

- 1 kilojoule = 1 kJ = 1000 J = 10^3 J
- 1 megajoule = 1 MJ = 1 000 000 J = 10^6 J

Energiebedrijven en fabrieken werken met veel grotere hoeveelheden energie. Om die hoeveelheden aan te geven, gebruik je voorvoegsels als giga en tera:

- 1 gigajoule = 1 GJ = 1 000 000 000 J = 10^9 J
- 1 terajoule = 1 TJ = 1 000 000 000 000 J = 10^{12} J

Voorbeeld

De tankauto in afbeelding 4 kan 40 000 liter benzine vervoeren. 1 liter benzine levert ongeveer 33 MJ aan energie.
Hoe groot is de hoeveelheid energie van de hele lading?

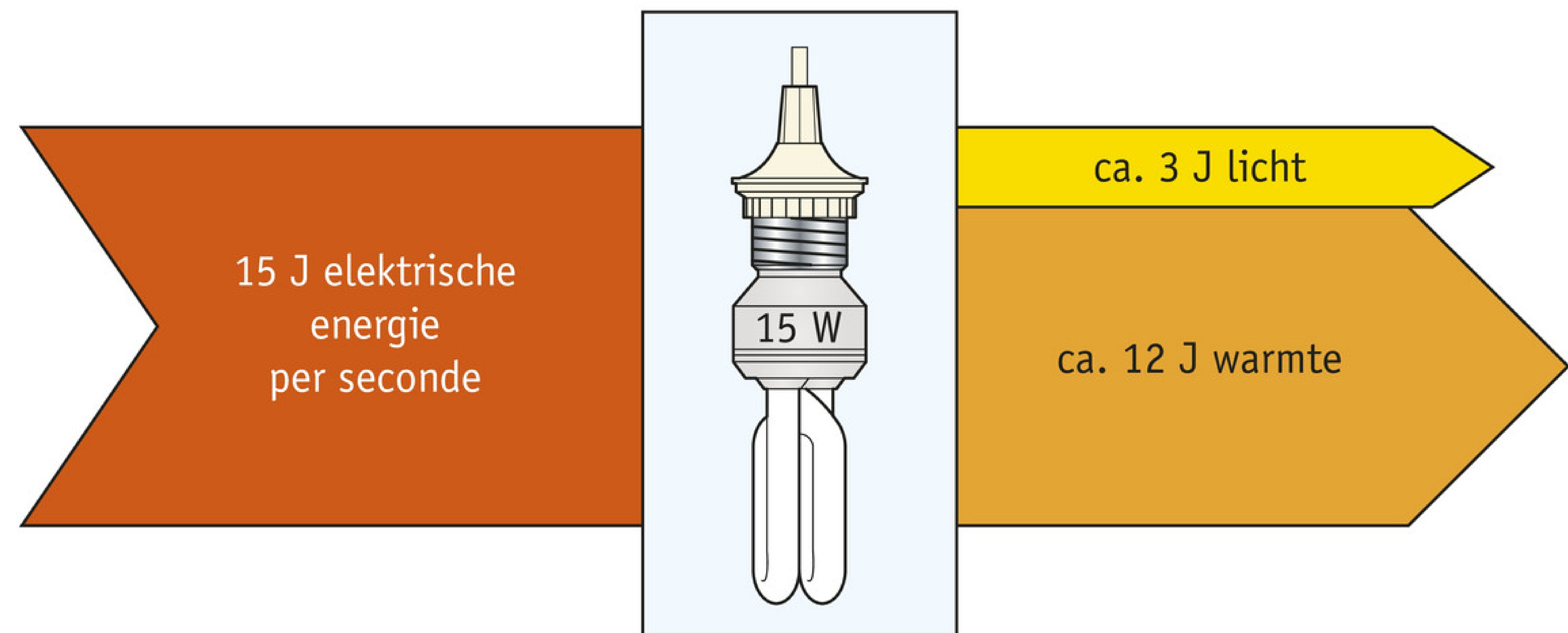
33 MJ = $33 \cdot 10^6$ J
totale energie = 40 000 × $33 \cdot 10^6$ = $1{,}32 \cdot 10^{12}$ J = 1,32 TJ



▲ **afbeelding 4**
Deze tankauto kan 40 000 liter benzine vervoeren.

Energie en vermogen Proef 1

Veel energieomzetters verbruiken per seconde steeds evenveel energie. De lamp in afbeelding 5 bijvoorbeeld verbruikt elke seconde 15 joule elektrische energie. Je zegt dan dat de lamp een opgenomen vermogen heeft van 15 watt (W).



▶ **afbeelding 5**
een lamp van 15 W

De watt is de eenheid van vermogen. 1 watt is per definitie gelijk aan 1 joule per seconde (1 W = 1 J/s). Een volwassene die stil op een stoel zit, heeft een opgenomen vermogen van circa 75 W. Er is 75 joule per seconde nodig om de processen in z'n lichaam op gang te houden. Gaat hij daarna grasmaaien, dan stijgt het vermogen tot circa 130 W.

Op elektrische apparaten staat altijd hoe groot het opgenomen vermogen is. Als een apparaat verschillende standen heeft, wordt het vermogen in de hoogste stand vermeld. Een föhn van 1800 W bijvoorbeeld verbruikt 1800 joule elektrische energie per seconde als je hem in de hoogste stand zet. Als je de temperatuur lager instelt, gaat het vermogen van de föhn ook naar beneden.

Het opgenomen vermogen vertelt je hoeveel energie een energieomzetter in 1 seconde verbruikt. Wil je het totale energieverbruik weten, dan vermenigvuldig je het vermogen met de tijd:

$$E = P \cdot t$$

Voorbeeld

Als Jeroen thuiskomt, zet hij de thermostaat omhoog. De cv-ketel (24 kW) brandt daarna 10 minuten op vol vermogen.
Hoeveel warmte levert de cv-ketel in die tijd?

$P = 24\text{ kW} = 24 \cdot 10^3\text{ W}$
$t = 10\text{ min} = 10 \times 60 = 600\text{ s}$

$E = P \cdot t = 24 \cdot 10^3 \times 600 = 144 \cdot 10^5\text{ J} = 14{,}4\text{ MJ} \approx 14\text{ MJ}$

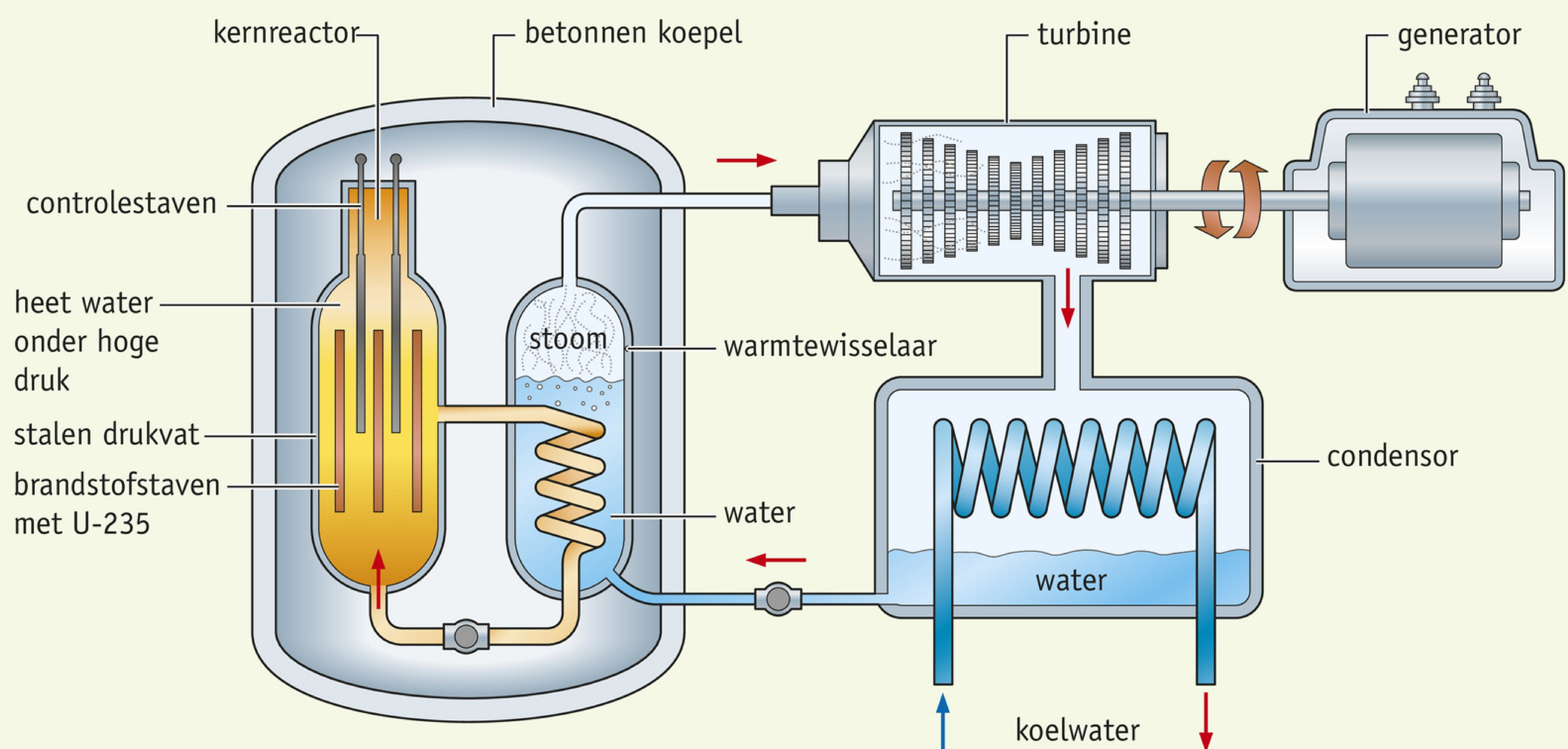
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De kerncentrale

Een kerncentrale werkt op dezelfde manier als een elektriciteitscentrale, met één verschil: in een kerncentrale wordt warmte geproduceerd door de kernen van uraniumatomen (U-235) te splijten (afbeelding 6). Daarbij komt erg veel warmte vrij.
De kernreactor is gevuld met roestvrijstalen staven waar uraniumoxide in zit. Na een jaar of drie is een groot deel van het uranium gesplitst (uit elkaar gevallen). Daarbij ontstaan isotopen van allerlei elementen. Veel van deze isotopen zijn radioactief.

De staven worden dan uit de reactor gehaald en naar een opwerkingsfabriek gebracht, die er weer nieuwe splijtstof van maakt. Van de oorspronkelijke massa blijft ongeveer 3,5% over. Dit restafval is sterk radioactief en moet zorgvuldig opgeborgen worden.

Ondanks de strenge veiligheidsvoorschriften gaat er wel eens wat mis. In 2011 werd de kerncentrale van Fukushima in Japan ernstig beschadigd door een tsunami. De koeling van de reactoren viel uit, en in drie reactoren vond een kernsmelting (meltdown) plaats. Door oververhitting smolten de reactorstaven. Ook kwam er radioactief materiaal vrij. Als gevolg van de ramp moesten tienduizenden mensen worden geëvacueerd.



▲ **afbeelding 6**
Zo werkt een kerncentrale.

2 Energiebronnen

In veel landen wordt energie gehaald uit meren vol water. Nederland is een waterland met veel meren. Toch is het in Nederland vrijwel niet mogelijk om dit water als energiebron te gebruiken.

Wat is een energiebron?

In een **energiebron** is energie opgeslagen. Om die energie te kunnen gebruiken, moet je haar meestal omzetten in een bruikbare energiesoort.

- Een cv-ketel zet de chemische energie van aardgas om in warmte.
- Een zonnecel zet de stralingsenergie van zonlicht om in elektrische energie.
- Een windmolen zet de bewegingsenergie van stromende lucht om in elektrische energie.

Aardgas, zonlicht en wind zijn dus voorbeelden van energiebronnen: er is energie in opgeslagen.

Fossiele brandstoffen

Fossiele brandstoffen zoals aardolie, aardgas en steenkool leveren chemische energie. Aardolieproducten worden op grote schaal gebruikt in de scheepvaart (stookolie), het wegvervoer (benzine en dieselolie) en de luchtvaart (kerosine). Aardgas wordt gebruikt voor het verwarmen van huizen en andere gebouwen. Steenkool wordt in Nederland alleen gebruikt in een paar grote elektriciteitscentrales.

Hernieuwbare en duurzame energie

Fossiele brandstoffen raken een keer op. Daarom wordt er hard gewerkt om **hernieuwbare energie** te ontwikkelen. Hernieuwbare energie komt uit bronnen die niet opraken, zoals hout, wind, zonlicht en waterkracht. Hernieuwbare energie is ook **duurzame energie** als bij de productie en het gebruik ervan geen (of veel minder) schadelijke stoffen vrijkomen, zoals koolstofdioxide (CO_2), zwaveldioxide (SO_2), roet of stikstofoxiden. Stikstofoxiden (NO en NO_2) geef je aan als NO_x.
Hout is hernieuwbare energie. Bomen groeien, en door bomen te planten komt er steeds nieuw hout beschikbaar. De energiebron hernieuwt zichzelf. Maar niet iedereen vindt hout ook een duurzame energiebron, want bij de verbranding ervan komen rookgassen, fijnstof en koolstofdioxide vrij.

Wind

Wind was honderd jaar geleden een veelgebruikte energiebron. Er stonden toen in Nederland meer dan negenduizend windmolens. Bovendien waren er toen nog veel zeilschepen in gebruik. Daarna nam het gebruik van wind voor de energievoorziening sterk af, tot vrijwel 0%.

Tegenwoordig is wind opnieuw een belangrijke energiebron. Je ziet steeds meer grote **windturbines** in het landschap verschijnen. In zo'n windturbine is een generator ingebouwd die wordt aangedreven door de ronddraaiende wieken. Op die manier wordt de bewegingsenergie van de wind omgezet in elektrische energie. Omdat er altijd wind zal zijn, raakt deze energiebron niet uitgeput. Windenergie is daarom hernieuwbare energie.





▲ **afbeelding 7**
windmolens: energieomzetters in heden en verleden

Zonlicht

Zonlicht is een bron van stralingsenergie. Een **zonnecollector** kan die stralingsenergie omzetten in warmte. Die warmte kun je bijvoorbeeld gebruiken voor de warmwatervoorziening in een woonhuis.

Het is ook mogelijk om de stralingsenergie van het zonlicht (voor een deel) om te zetten in elektrische energie. De **zonnecellen** die daarvoor nodig zijn, worden voor allerlei doeleinden toegepast. Je kunt ze ook gebruiken als een aansluiting op het lichtnet niet goed mogelijk is.

Waterkracht

Waterkracht is een energiebron die het meest wordt gebruikt in bergachtige streken. De rivieren in zo'n gebied hebben een groot verval: als je stroomafwaarts gaat, neemt de hoogte van de waterspiegel snel af. Dit verval kun je kunstmatig vergroten door een stuwmeer aan te leggen.

Een **waterkrachtcentrale** benut de zwaarte-energie van het water boven in het stuwmeer. Via pijpleidingen stroomt het water omlaag naar de centrale. Daar brengt het water de schoepen van een waterturbine in beweging. De turbine drijft op haar beurt weer een generator aan waarmee elektrische energie wordt opgewekt.



▶ **afbeelding 8**
de getijdencentrale bij La Rance in Frankrijk

Getijden

In afbeelding 8 zie je een foto van de **getijdencentrale** bij La Rance (Frankrijk). Als het vloed is, staan de sluizen in de dam open. De baai achter de dam stroomt dan vol water. Bij hoog water worden de sluizen gesloten. Daarna wordt gewacht tot het water voor de dam voldoende is gezakt. De zwaarte-energie van het water achter de dam wordt vervolgens omgezet in elektrische energie, op dezelfde manier als bij een waterkrachtcentrale.

Biomassa en biogas

Biomassa is materiaal dat van planten en dieren afkomstig is. Je kunt denken aan snoei- en afvalhout, gft-afval, plantenresten en mest van koeien en kippen. Brandbare biomassa wordt direct verbrand in biomassacentrales die elektriciteit opwekken of grote gebouwen verwarmen. Mest kun je vergisten in een biogasinstallatie. Hierbij ontstaat een gasvormig product: **biogas**. Biogas lijkt qua samenstelling sterk op aardgas. Je kunt het ook voor dezelfde doelen gebruiken.

Afval

Afval dat je niet kunt recyclen, wordt meestal verbrand. Dat gebeurt in afvalverbrandingsinstallaties. Bij de verbranding van afval komt veel warmte vrij. Die warmte kun je gebruiken om elektrische energie op te wekken, net als in een gewone elektriciteitscentrale. Ook kun je de ‘afvalwarmte’ gebruiken om huizen te verwarmen (stadsverwarming).

Uranium

Uranium levert kernenergie. Kernenergie wordt gebruikt in kerncentrales om elektriciteit op te wekken. In Nederland staat één kerncentrale (in Zeeland in Borssele), maar er vindt ook invoer van ‘atoomstroom’ uit het buitenland plaats.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

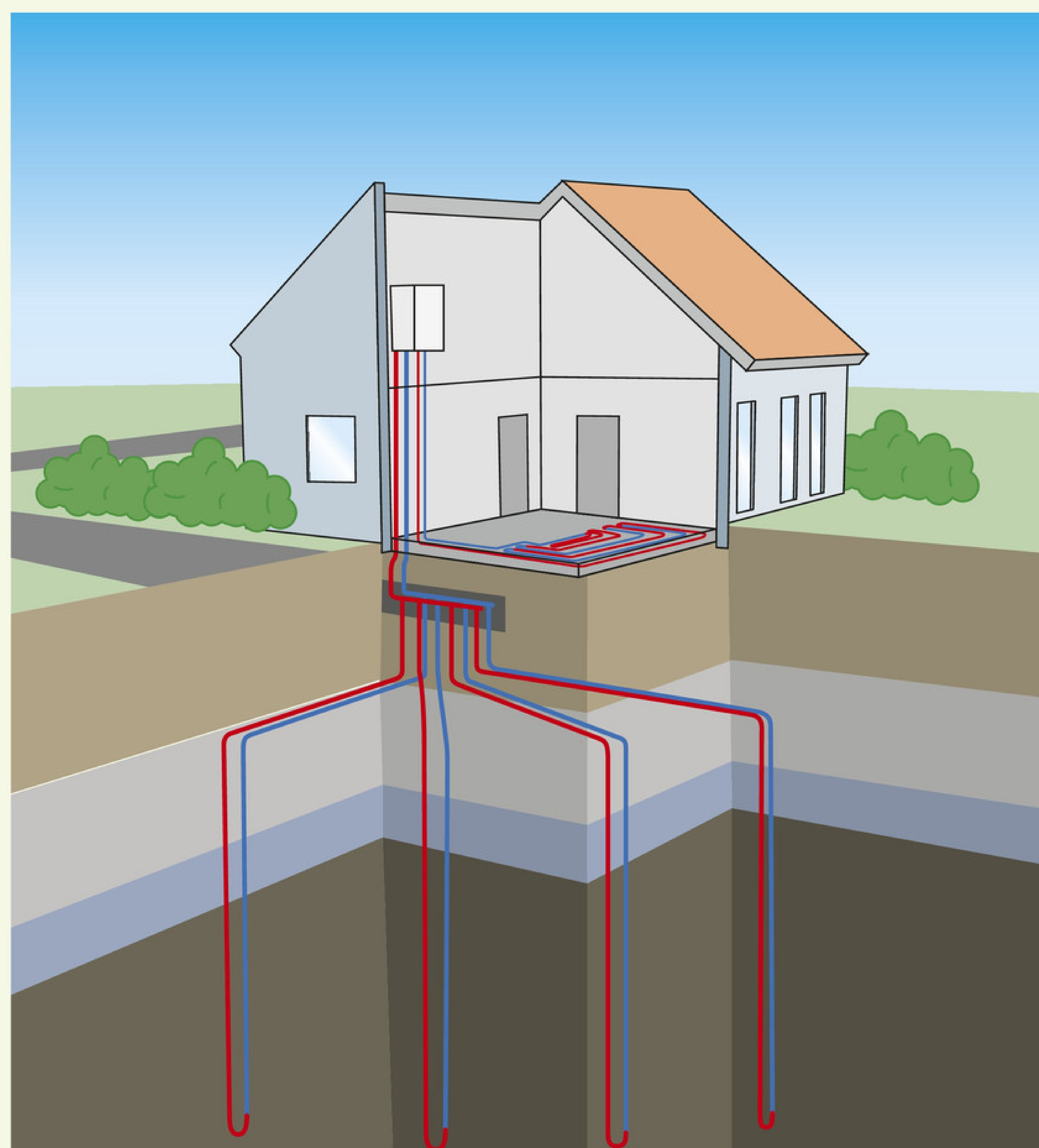
Plus Aardwarmte als energiebron

Het gebruik van aardwarmte is in Nederland redelijk nieuw. Landen als Duitsland, Zwitserland en de Scandinavische landen passen aardwarmte al jaren met succes toe.
In de winter kun je aardwarmte gebruiken om een huis te verwarmen en hetzelfde systeem kan in de zomer voor koeling zorgen.

Aardwarmtesystemen pompen grondwater op vanaf een diepte van 20 tot 100 meter. Het grondwater heeft dezelfde temperatuur als de aardlaag waaruit het wordt opgepompt, ongeveer 11 °C. Een warmtepomp koelt dit water af tot ongeveer 7 °C. Met de warmte die daarbij vrijkomt, kun je een huis verwarmen. Het afgekoelde grondwater wordt vervolgens weer in de aarde gepompt. In de zomer werkt dit systeem omgekeerd. Het grondwater wordt dan verwarmd, waardoor het huis afkoelt.

Aardwarmtesystemen hebben veel voordelen als je ze vergelijkt met verbranding van fossiele brandstoffen:
- laag energieverbruik;
- geen afvoer nodig voor verbrandingsgassen;
- veel lagere CO_2-uitstoot.

Nadelen zijn:
- nu nog hoge investeringskosten (die zullen dalen als aardwarmtesystemen vaker worden geïnstalleerd);
- bij bestaande huizen is een verbouwing nodig om het systeem te installeren.



▶ **afbeelding 9**
aardwarmte gebruiken

3 Energiebronnen en het milieu



▲ **afbeelding 10**
Hoe hoger je komt, hoe kouder het wordt.



▲ **afbeelding 11**
De ijsbeer wordt bedreigd doordat het ijs van de Noordpool smelt.

Veel mensen vinden het opwarmen van de aarde door het broeikaseffect wel prettig. Nooit meer van die koude winters. Maar door die opwarming kan een groot deel van Nederland onder water komen te staan.

Het versterkte broeikaseffect

Bij het verbranden van brandstoffen ontstaat het gas koolstofdioxide (CO_2). Koolstofdioxide is net als zuurstof en stikstof een 'gewoon' bestanddeel van de atmosfeer. Het is wel een belangrijk bestanddeel. Koolstofdioxide draagt eraan bij dat de atmosfeer werkt als een broeikas. Zonder dit natuurlijke **broeikaseffect** zouden er op aarde geen mensen kunnen leven.

Het broeikaseffect werkt als volgt:
- De atmosfeer is doorzichtig, net als het glas van een kas. De straling van de zon kan gemakkelijk de aarde bereiken en het aardoppervlak verwarmen.
- De warmte die zo ontstaat, wordt door de atmosfeer vastgehouden. Hierdoor warmt vooral het onderste deel van de atmosfeer op. Op zeeniveau is de lucht bijvoorbeeld veel warmer dan op 10 km hoogte (afbeelding 10).

In de laatste tweehonderd à driehonderd jaar zijn mensen steeds grotere hoeveelheden brandstoffen gaan verbranden. Daardoor is de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer bijna 1½ keer zo groot geworden. Veel deskundigen denken dat het broeikaseffect hierdoor wordt versterkt, zodat de aarde langzaam opwarmt. Dat leiden zij af uit temperatuurmetingen en waarnemingen. Veel gletsjers worden snel kleiner doordat er in de zomer meer ijs smelt dan er in de winter bij komt. Ook op de Noordpool ligt 's zomers veel minder ijs dan tien jaar geleden.

De opwarming van de aarde kan grote gevolgen krijgen:
- De zeespiegel stijgt, waardoor grote delen van Nederland in gevaar komen.
- Diersoorten, zoals de ijsbeer, worden bedreigd (afbeelding 11).
- Extremer weer, met nu eens grote droogte, dan weer enorme hoeveelheden regen.

Daarom vinden veel mensen het verstandig om het gebruik van fossiele brandstoffen te beperken.



▲ **afbeelding 12**
Mexico-City is berucht om zijn smog.

Zure regen en smog

Bij het verbranden van brandstoffen ontstaan ook andere gassen. Sommige van die gassen zijn schadelijk voor het milieu. Zwaveldioxide (SO_2) en stikstofoxiden (NO_x) veroorzaken **zure regen**. Stikstofoxiden dragen bovendien bij aan het ontstaan van **smog** (afbeelding 12).

Smog is een bruine nevel die 's zomers boven veel grote steden hangt. De stoffen in smog irriteren en beschadigen de slijmvliezen, ogen en luchtwegen. Dat merk je doordat je ogen gaan branden en je neus en keel worden geprikkeld. Je raakt bij ernstige smog ook snel buiten adem. Smog kan ernstige gevolgen hebben voor mensen met hartproblemen en longziekten, zoals astma.

Het is mogelijk om de afvalgassen van elektriciteitscentrales schoner te maken. Zwaveldioxide kun je bijvoorbeeld goed uit afvalgassen halen. Dit kost wel veel extra energie en geld.

Kernafval

Een kerncentrale produceert vergeleken met een gewone centrale maar kleine hoeveelheden afval. Dit **kernafval** is echter veel gevaarlijker dan het afval van een gewone centrale, omdat het schadelijke straling uitzendt. Het duurt duizenden jaren voordat de hoeveelheid straling zo klein is dat het afval niet meer gevaarlijk is. De centrale, het transport en de opslagplaats voor het kernafval moeten daarom goed worden beveiligd (afbeelding 13).

Horizonvervuiling

Windturbines en waterkrachtcentrales produceren geen afvalstoffen. Daarom worden wind en waterkracht vaak 'schone' energiebronnen genoemd. Dat wil niet zeggen dat deze energiebronnen onschadelijk zijn voor het milieu. Windturbines zijn gevaarlijk voor trekvogels. De wieken van windmolens maken geluid, dat omwonenden vaak als geluidsoverlast ervaren. Bovendien vinden veel mensen dat windmolens de horizon 'vervuilen'.



▶ **afbeelding 13**
een zwaarbewaakt transport van kernafval

Voor het maken van windturbines en waterkrachtcentrales zijn grondstoffen en energie nodig. Bij het winnen, vervoeren en bewerken van die grondstoffen ontstaat afval. Ook ontstaat afval als een windturbine of een waterkrachtcentrale aan het einde van haar levensduur is. Helemaal 'schoon' zijn wind en waterkracht dus ook niet.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Energielabel voor auto's

De regering wil dat mensen zuiniger zijn met energie. Het maakt bijvoorbeeld nogal wat uit in wat voor auto je rijdt. Maar hoe kun je erachter komen of een auto zuinig is of niet? Om mensen daarbij te helpen zit er op elke nieuwe auto een energielabel (afbeelding 14). Daarop kun je zien hoe zuinig de auto is vergeleken met andere, vergelijkbare modellen. Een zuinige auto krijgt een groene pijl, een benzineslurper een rode pijl. Zo kun je verschillende auto's beter met elkaar vergelijken.

Ook kun je op het etiket zien hoeveel gram CO_2 de auto produceert per gereden kilometer. Dat is zelfs bij de meest zuinige auto nog een behoorlijke hoeveelheid. De meest effectieve manier om de CO_2-uitstoot van auto's terug te dringen is daarom: de auto zo weinig mogelijk gebruiken.



▶ **afbeelding 14**
het energielabel voor auto's

4 Rekenen met energie

Om af te vallen moet Fedde 2 MJ energie per dag extra verbruiken. Daarom is hij gaan hardlopen. Als hij elke dag een half uur hardloopt, komt hij al een heel eind, denkt hij.

Alleen voor GT

Meetwaarden

De meeste gegevens die je in berekeningen bij natuur- en scheikunde gebruikt zijn **meetwaarden**. Ze zijn de uitkomst van een meting.
Voor elke grootheid (bijvoorbeeld lengte, tijd, volume) bestaan verschillende meetinstrumenten. De nauwkeurigheid van een meting hangt af van de nauwkeurigheid van het gebruikte instrument (tabel 1).
De lengte van een voorwerp kun je onder andere meten met een meetlat, een duimstok, een schuifmaat of een afstandssensor.
Tijd kun je meten door te tellen, naar de secondewijzer van een klok te kijken, een chronometer te gebruiken en voor supernauwkeurige metingen gebruiken wetenschappers een atoomklok.
Een bepaald volume vloeistof kun je afmeten met een bekerglas, maar ook met een maatcilinder of pipet (afbeelding 15).



▲ **afbeelding 15**
verschillende meetinstrumenten voor een hoeveelheid vloeistof

Significante cijfers

De nauwkeurigheid van een meetwaarde geef je aan met een aantal **significante cijfers**. Dat zijn cijfers die ertoe doen. Je bepaalt het aantal significante cijfers van een meetwaarde altijd door te tellen vanaf het eerste cijfer anders dan 0, waarbij je rechts van die 0 begint te tellen. Het aantal significante cijfers van 0,00230 is dus drie (2, 3 en 0) en van 1,00634 is het aantal significante cijfers zes.

Hoe nauwkeuriger een meetwaarde, des te meer significante cijfers.
Als je 25 mL vloeistof afmeet in een maatbeker, is het volume 25 mL. In een maatcilinder kun je nauwkeuriger afmeten en is het volume 25,0 mL (op de tiende mL nauwkeurig). Gebruik je een pipet, dan meet je nog nauwkeuriger (op de honderdste mL nauwkeurig) en schrijf je 25,00 mL.

▼ **tabel 1**

grootheid	zeer onnauwkeurig	onnauwkeurig	nauwkeurig	heel nauwkeurig
lengte	meetlat	duimstok	schuifmaat	afstandssensor
tijd	tellen	secondewijzer	chronometer	atoomklok
volume (van vloeistof)	bekerglas	maatbeker	maatcilinder	pipet

Als je met meetwaarden moet rekenen, gelden er twee vuistregels:

Vuistregel 1

Bij optellen en aftrekken van meetwaarden gaat het om het kleinste aantal cijfers achter de komma, dus het aantal decimalen. Het antwoord moet even nauwkeurig zijn als de meetwaarde met het kleinste aantal decimalen. De uitkomst kan dus nooit meer decimalen hebben dan de minst nauwkeurige meetwaarde.

Voorbeeld
In een maatcilinder zit 10,0 mL spiritus. Daar voeg je met behulp van een pipet 4,55 mL spiritus aan toe.
Bereken het eindvolume.

Volume spiritus = 10,0 + 4,55 = 14,55 mL. Het kleinste aantal decimalen is één (van 10,0). De uitkomst moet je daarom in één cijfer achter de komma geven. Het eindvolume is dus 14,6 mL.

Vuistregel 2

Bij vermenigvuldigen en delen van meetwaarden gaat het om het kleinste aantal significante cijfers. Het antwoord moet even nauwkeurig zijn als de meetwaarde met het kleinste aantal significante cijfers. De uitkomst kan dus nooit nauwkeuriger zijn dan de minst nauwkeurige meetwaarde.

Voorbeeld
Het volume van een hoeveelheid spiritus is 50,00 mL. De massa van die hoeveelheid spiritus is 42,5 g.
Bereken de dichtheid.

Het kleinste aantal significante cijfers is drie (de massa van de spiritus). De uitkomst van de berekening moet je daarom in drie cijfers significant geven.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{42{,}5}{50{,}00} = 0{,}850 \text{ g/mL}$$

Samengevat
Significante cijfers hebben betrekking op meetwaarden.
Bij optellen en aftrekken kijk je naar het aantal decimalen.
Bij vermenigvuldigen en delen kijk je naar het kleinste aantal significante cijfers.
De uitkomst van een berekening kan nooit nauwkeuriger zijn dan de meetwaarden.

De hoeveelheid energie berekenen

Voor elk soort energie bestaat een formule waarmee je de hoeveelheid energie kunt berekenen. In deze paragraaf ga je werken met de formules voor elektrische energie, zwaarte-energie en bewegingsenergie.

De formule voor elektrische energie kun je op twee manieren schrijven:

$$E_{el} = P \cdot t$$

Voor P mag je ook schrijven $U \cdot I$, want $P = U \cdot I$. Dus de formule kun je ook zo schrijven:

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

Als je U invult in volt (V), I in ampère (A) en t in seconden (s), vind je de elektrische energie in joule (J).

Water in een stuwmeer heeft zwaarte-energie E_z. Je kunt de hoeveelheid energie berekenen met de formule:

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

Als je m invult in kg, g in N/kg en h in m, dan vind je de zwaarte-energie in joule.

Een vallend heiblok heeft bewegingsenergie E_k. De k komt van kinetische energie, een andere naam voor bewegingsenergie. Je kunt de hoeveelheid kinetische energie berekenen met de formule:

$$E_k = ½\, m \cdot v^2$$

Als je m invult in kg en v in m/s, dan vind je de kinetische energie in joule.

Voorbeeld

Achter de Drieklovendam in China ligt het grootste stuwmeer ter wereld (afbeelding 16). In het droge seizoen stroomt er per seconde 5900 m^3 ($5{,}900 \cdot 10^6$ kg) water het meer in. Het hoogteverschil tussen het oppervlak van het meer en de onderkant van de stuwdam is 175 m. Bereken hoeveel zwaarte-energie het stuwmeer per seconde kan leveren.

$m = 5{,}900 \cdot 10^6$ kg
$g = 10$ N/kg
$h = 175$ m

$E_z = m \cdot g \cdot h$
$E_z = 5{,}900 \cdot 10^6 \times 10 \times 175$
$E_z \approx 10 \cdot 10^9$ J (10 GJ)



▶ **afbeelding 16**
de Drieklovendam in China

Bij vermenigvuldigen geldt vuistregel 2. Het antwoord moet je dus geven in twee cijfers significant, omdat *g* het kleinste aantal (twee) significante cijfers telt.



▲ **afbeelding 17**
Een snowboarder heeft kinetische energie.

Voorbeeld
Hans is aan het snowboarden in de Alpen (afbeelding 17). De massa van Hans en zijn board samen is 80 kg. Hans glijdt een steile helling af. Aan het eind van de helling is zijn snelheid 15,0 m/s.
Bereken hoe groot de kinetische energie van Hans op dat moment is.

m = 80 kg
v = 15,0 m/s

$E_k = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2$
$E_k = \frac{1}{2} \times 80 \times 15{,}0^2 = 40 \times 225{,}0 = 9{,}0 \cdot 10^3$ J

(Er wordt vermenigvuldigd, dus geldt vuistregel 2. Het antwoord moet je geven in twee significante cijfers.)

De wet van behoud van energie

Voor elke energieomzetter geldt de wet van behoud van energie:

Bij energieomzettingen gaat nooit energie verloren. Er komt ook nooit nieuwe energie bij. De totale hoeveelheid energie is voor en na de energieomzetting even groot.

De wet van behoud van energie zegt alleen iets over de hoeveelheid energie. De wet zegt niet hoe nuttig die energie is. Bij energieomzettingen verdwijnen nuttige soorten energie, bijvoorbeeld elektrische energie. Je krijgt daar weer nuttige soorten energie voor terug, zoals beweging, maar ook energie waar je verder niets mee kunt, zoals warmte.
Je ziet dat bijvoorbeeld bij elektrische apparaten. Een gloeilamp, een televisie en een computer produceren veel warmte, ook al zijn ze daar helemaal niet voor bedoeld. Een computer heeft zelfs een ventilator nodig



▲ **afbeelding 18**
Computers moet je koelen om de afvalwarmte kwijt te raken.

om niet te heet te worden. Die warmte verspreidt zich door de kamer, door het huis, naar buiten, enzovoort. Je kunt er verder niets nuttigs mee doen. Het is wel energie, maar geen bruikbare vorm van energie.

Door de zwaartekracht gaan vallende voorwerpen steeds sneller bewegen. Denk bijvoorbeeld aan een heiblok dat naar beneden valt. In deze situatie kun je gebruikmaken van de wet van behoud van energie, zolang de energieverliezen door wrijving te verwaarlozen zijn.

Voorbeeld
Van welke hoogte moet je een heiblok loslaten om met een snelheid van 4,0 m/s de heipaal te treffen?

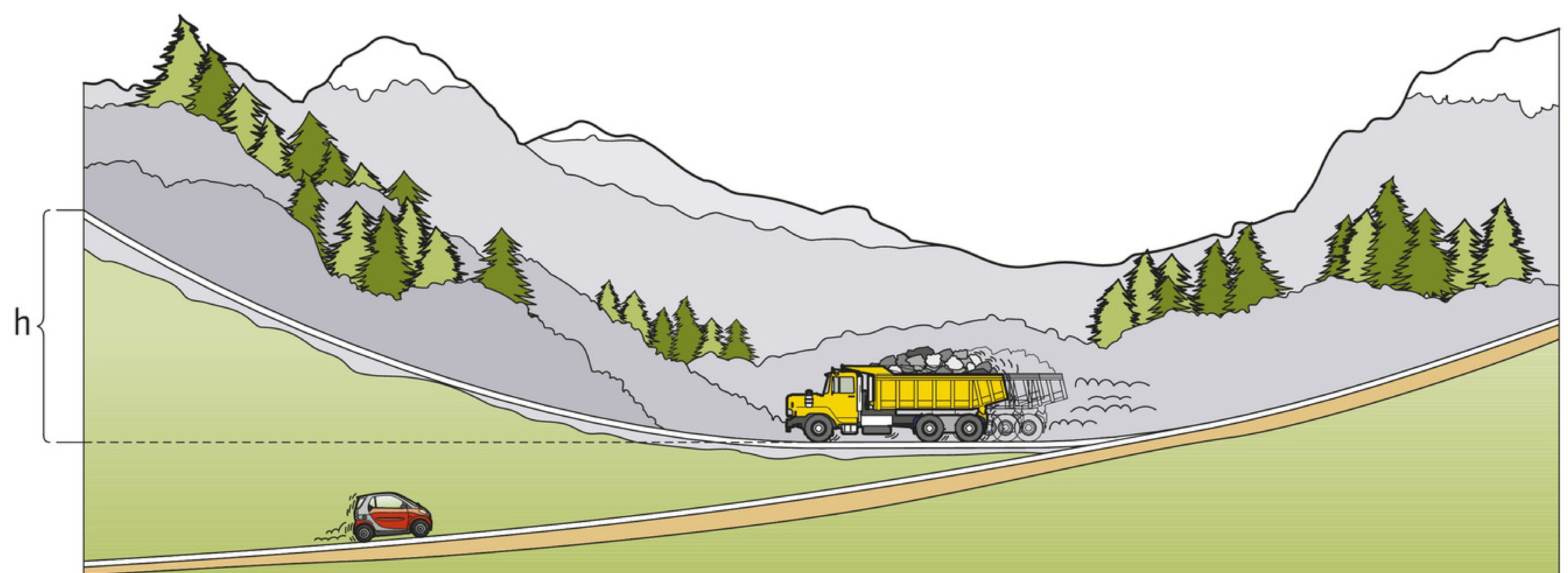
Op hoogte h heeft het heiblok een zwaarte-energie $E_z = m \cdot g \cdot h$.
Op hoogte h heeft het heiblok een kinetische energie $E_k = 0$ J (want het blok beweegt nog niet).
Op hoogte 0 heeft het heiblok een zwaarte-energie $E_z = 0$ J (want het blok is klaar met vallen).
Op hoogte 0 heeft het heiblok een kinetische energie $E_k = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2$ (op het moment dat het blok de heipaal raakt).

Uit de wet van behoud van energie volgt:
E_z op het hoogste punt = E_k op het laagste punt. Dus:

$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2$
$m \times 10 \times h = \frac{1}{2} \times m \times (4{,}0)^2$
$10 \times h = \frac{1}{2} \times 16 = 8$
$h = 0{,}80$ m

De vluchthelling

In de bergen kunnen de remmen van een vrachtauto zo heet worden dat ze weigeren. Daarom wordt naast een lange dalende weg soms een vluchthelling aangelegd. Die vluchthelling loopt steil omhoog, de berg op die naast de weg ligt. Als de remmen weigeren, kan de chauffeur zijn vrachtauto deze helling opsturen, zodat hij snel tot stilstand komt.



▶ **afbeelding 19**
een vluchthelling

Voorbeeld
Hoe ver moet een helling omhooglopen om een vrachtauto die 90 km/h rijdt tot stilstand te brengen?

v = 90 km/h = 25 m/s
g = 10 N/kg

E_z op het hoogste punt = E_k op het laagste punt (wet van behoud van energie). Dus:

$m \cdot g \cdot h = ½\, m \cdot v^2$
$m \times 10 \times h = ½\, m \times 25^2$
$10 \times h = ½ \times 625 = 312{,}5$
h = 31 m

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Energieomzettingen in een heimachine

Een heimachine hijst een zwaar heiblok op en laat het daarna op een paal vallen. Daarbij vinden verschillende energieomzettingen plaats. Een elektromotor hijst het heiblok op. De elektriciteit voor deze motor levert een generator die wordt aangedreven met een dieselmotor. Hoe hoger het blok boven de paal wordt gehesen, des te meer zwaarte-energie het heeft. De zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie tijdens het vallen. Bij de botsing met de paal wordt de bewegingsenergie van het vallende blok omgezet in bewegingsenergie van de paal. Bij al deze omzettingen ontstaat ook warmte.



◀ **afbeelding 20**
een heimachine

Voorbeeld
Een heimachine met een heiblok van 1500 kg moet 400 palen 7 meter de grond in slaan. Bij iedere klap van het blok gaat een paal 10 cm verder de grond in. Het heiblok wordt elke keer precies 2,0 meter omhoog getakeld. Het heiblok moet voor elke paal in totaal 70 keer worden opgetakeld.
De generator zet 60% van de opgenomen energie om in elektrische energie.
Hoeveel liter dieselolie moet de motor verbranden om alle palen in de grond te slaan?

De zwaarte-energie E_z van het blok is na het ophijsen
$E_z = m \cdot g \cdot h$
$E_z = 1500 \times 10 \times 2,0$
$E_z = 30\,000$ J = 30 kJ
De generator moet dus 30 kJ leveren voor het ophijsen (wet van behoud van energie).
Dat is voor alle palen samen 400 × 70 × 30 kJ = 840 000 kJ = 840 MJ.
840 MJ is 60% van de opgenomen energie.
De generator neemt 100 / 60 × 840 MJ = 1400 MJ op.

De verbrandingswarmte van dieselolie is 36 MJ per liter.
De motor heeft 1400 / 36 ≈ 39 liter dieselolie nodig.

5 Rendement

Zlatan wil later uitvinder worden en dan een apparaat uitvinden dat zonder energie altijd blijft lopen. Veel mensen denken dat zo'n apparaat nooit uitgevonden zal worden.

Energie besparen

Zuinig zijn met elektrische of chemische energie heeft verschillende voordelen. Je kunt er geld mee besparen, je zorgt ervoor dat de voorraden aardgas en steenkool minder snel opraken en je helpt om de milieuproblemen te verminderen.

Aan de formule $E = P \cdot t$ kun je zien dat er twee manieren zijn om elektrische of chemische energie te besparen: je moet het vermogen (P) of de tijd (t) kleiner maken. Je kunt P kleiner maken door energiezuinige apparaten te kopen, zoals spaarlampen en een hr-ketel (hoog rendement). Je kunt t kleiner maken door de apparaten minder lang te gebruiken.

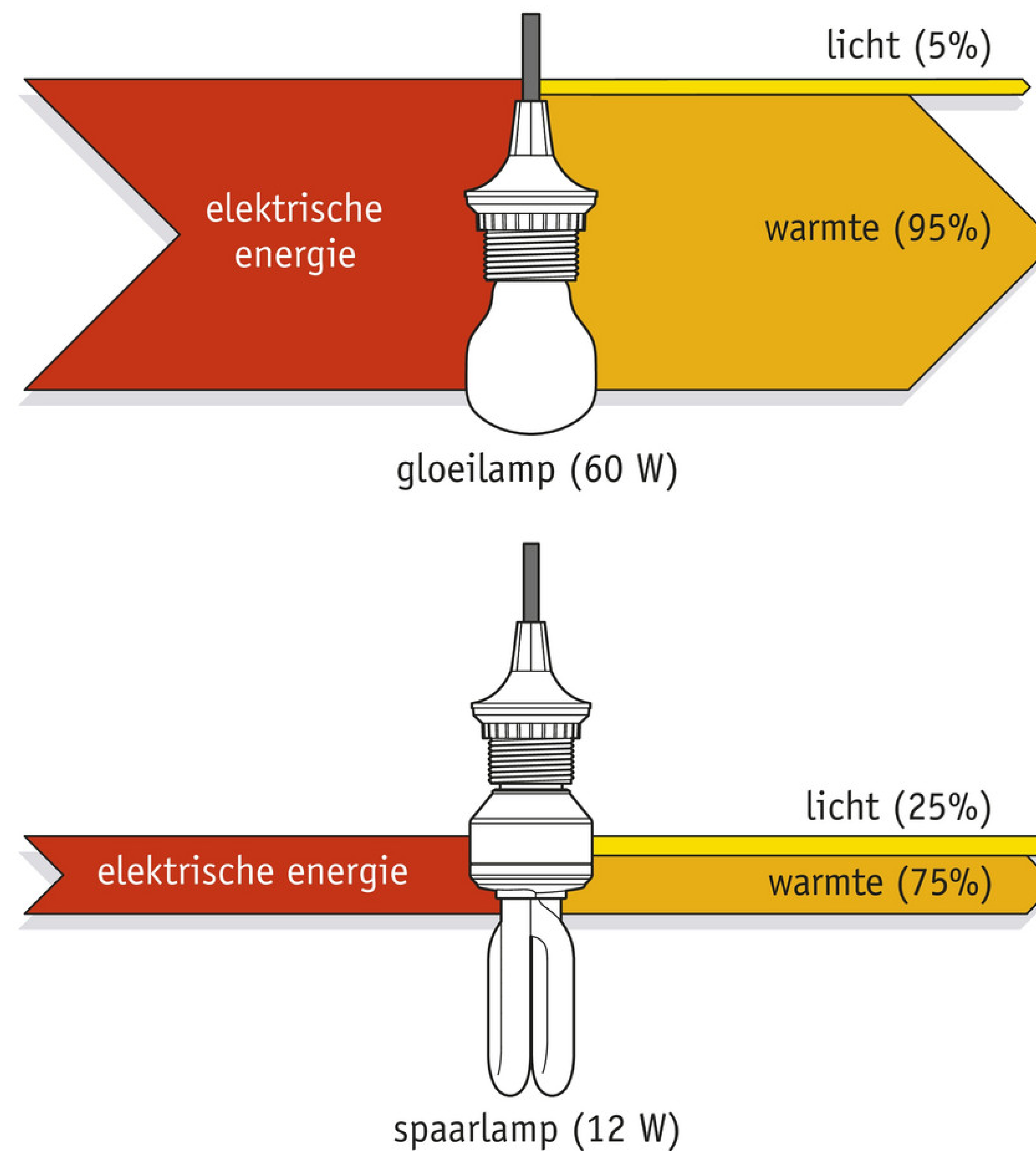


▲ **afbeelding 21**
spaarlampen: minder energie, evenveel licht

Zuinige lampen

Sinds 2012 mogen in Europa geen gloeilampen meer worden geproduceerd. Een gloeilamp zet maar 5% van de elektrische energie om in licht; de rest wordt omgezet in warmte. Je zegt dat een gloeilamp een **rendement** heeft van 5%: maar 5% van de toegevoerde energie wordt omgezet in de soort energie die je wilt. Een spaarlamp heeft een kleiner vermogen dan een vergelijkbare gloeilamp (een gloeilamp die evenveel licht geeft). Je kunt dus elektrische energie besparen door gloeilampen te vervangen door spaarlampen (afbeelding 21).

In afbeelding 22 zie je de energie-stroomdiagrammen van beide lampen. Een spaarlamp doet het beter: die zet 25% van de elektrische energie om in licht. Zo'n lamp heeft dus een rendement van 25%.



▶ **afbeelding 22**
Vergelijk de twee energie-stroomdiagrammen.

Led-lampen zijn nog zuiniger dan spaarlampen. De nieuwste led-lampen halen al rendementen van 50%. Ze zetten dus de helft van de opgenomen energie om in licht. Ze gaan ook veel langer mee, maar ze zijn wel een stuk duurder dan spaarlampen. Daardoor duurt het behoorlijk lang voor je de aanschaf hebt terugverdiend (afbeelding 23).



▲ **afbeelding 23**
twee led-lampen

Rendement

Je kunt het rendement van een apparaat berekenen met de formule:

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \cdot 100\%$$

E_{af} is de hoeveelheid energie die wordt afgegeven, de nuttig gebruikte energie. Bij een spaarlamp is dat de hoeveelheid energie die wordt omgezet in licht.
E_{op} is de hoeveelheid energie die in totaal wordt opgenomen. Bij een spaarlamp is dat elektrische energie.

Je krijgt natuurlijk ook een goede uitkomst, als je invult:
- hoeveel energie er per seconde wordt afgegeven;
- hoeveel energie er per seconde wordt opgenomen.

Met andere woorden: je kunt het rendement ook berekenen door het afgegeven vermogen te delen door het opgenomen vermogen.

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$$

Voorbeeld

Als de zon volop schijnt, is het ingestraalde vermogen 1000 W/m^2. Een zonnepaneel met een oppervlak van 1,2 m^2 levert dan een vermogen van 216 W.
Bereken het rendement van dit zonnepaneel.

$P_{op} = 1{,}2 \times 1000 = 1200$ W
$P_{af} = 216$ W

$$\eta = \frac{P_{af}}{P_{op}} \cdot 100\%$$

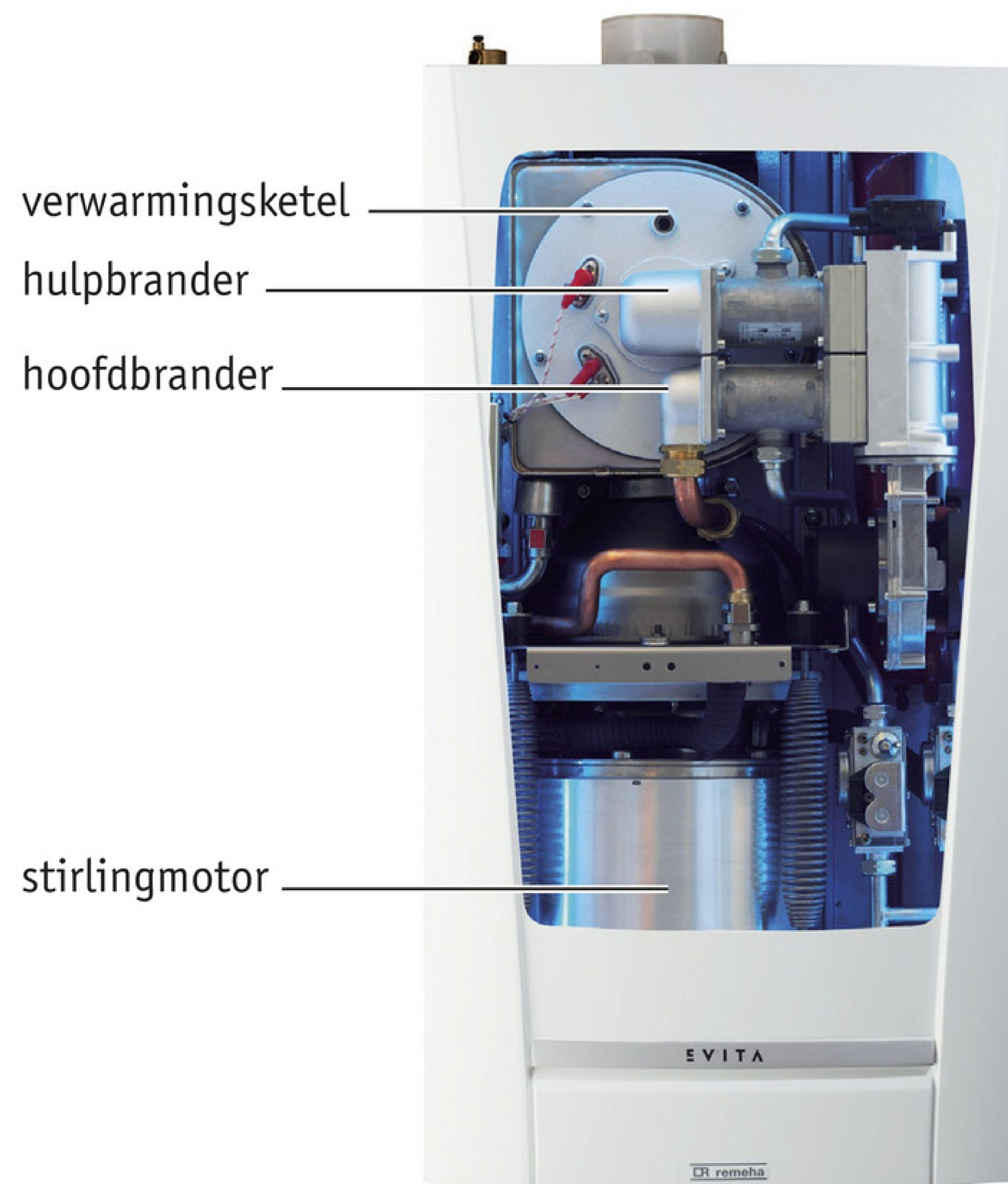
$$\eta = \frac{216}{1200} \cdot 100\%$$

$$\eta = 18\%$$

Het rendement verbeteren

Er wordt veel onderzoek gedaan om het rendement van energieomzettingen te verbeteren. Er is veel geld en tijd nodig om 'energiezuinige' apparaten te ontwikkelen, zoals de zuinige lampen en de hr-ketel.

Een modern voorbeeld van een energiezuinig apparaat is de hre-ketel (afbeelding 24). Een hre-ketel is een cv-ketel en een kleine elektriciteitscentrale. De ketel levert warmte én elektrische energie (hre = hoog rendement elektrisch). Een motor in de ketel wekt elektrische energie op met behulp van de restwarmte, die anders via de rookgasafvoer verloren zou gaan.



▶ **afbeelding 24**
een moderne hre-ketel

Een hre-ketel werkt veel efficiënter dan een gewone elektriciteitscentrale. Zo'n centrale heeft maar een rendement van circa 40%. 60% van de opgenomen chemische energie gaat verloren als restwarmte. Eigenlijk is het rendement van de centrale nog lager, omdat er ook nog energie verloren gaat in de hoogspanningsleidingen.

Een hre-ketel kan een veel hoger rendement bereiken. Dat komt doordat de restwarmte meteen in je eigen huis wordt gebruikt. Een groot deel van het jaar is er warmte nodig om het huis te verwarmen. En zelfs midden in de zomer heb je heet water nodig om te wassen en te douchen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Warmtekrachtkoppeling

Het tegelijk opwekken van elektriciteit en warmte noem je warmtekrachtkoppeling (wkk). Met het woord ‘kracht’ wordt de opgewekte elektriciteit bedoeld. Elektrische energie kun je gebruiken om elektromotoren te laten draaien, en levert dus ‘kracht’.

Een hre-ketel wekt op kleine schaal elektriciteit en warmte op. Dat heet micro-wkk. Wkk wordt ook op grote schaal toegepast, bijvoorbeeld in de glastuinbouw (afbeelding 25). Er zijn ook elektriciteitscentrales die met wkk werken. Dan wordt er een leidingnet aangelegd dat heet water vervoert van de centrale naar de huizen in een woonwijk.

Wkk toepassen bij een centrale heeft wel nadelen: je moet een duur leidingnet aanleggen en er treden in de leidingen flinke warmteverliezen op. Door die warmteverliezen is het rendement minder groot. Die nadelen heeft micro-wkk niet: je gebruikt de warmte meteen in je eigen huis.



▶ **afbeelding 25**
Wkk wordt ook op grote schaal toegepast in de glastuinbouw.



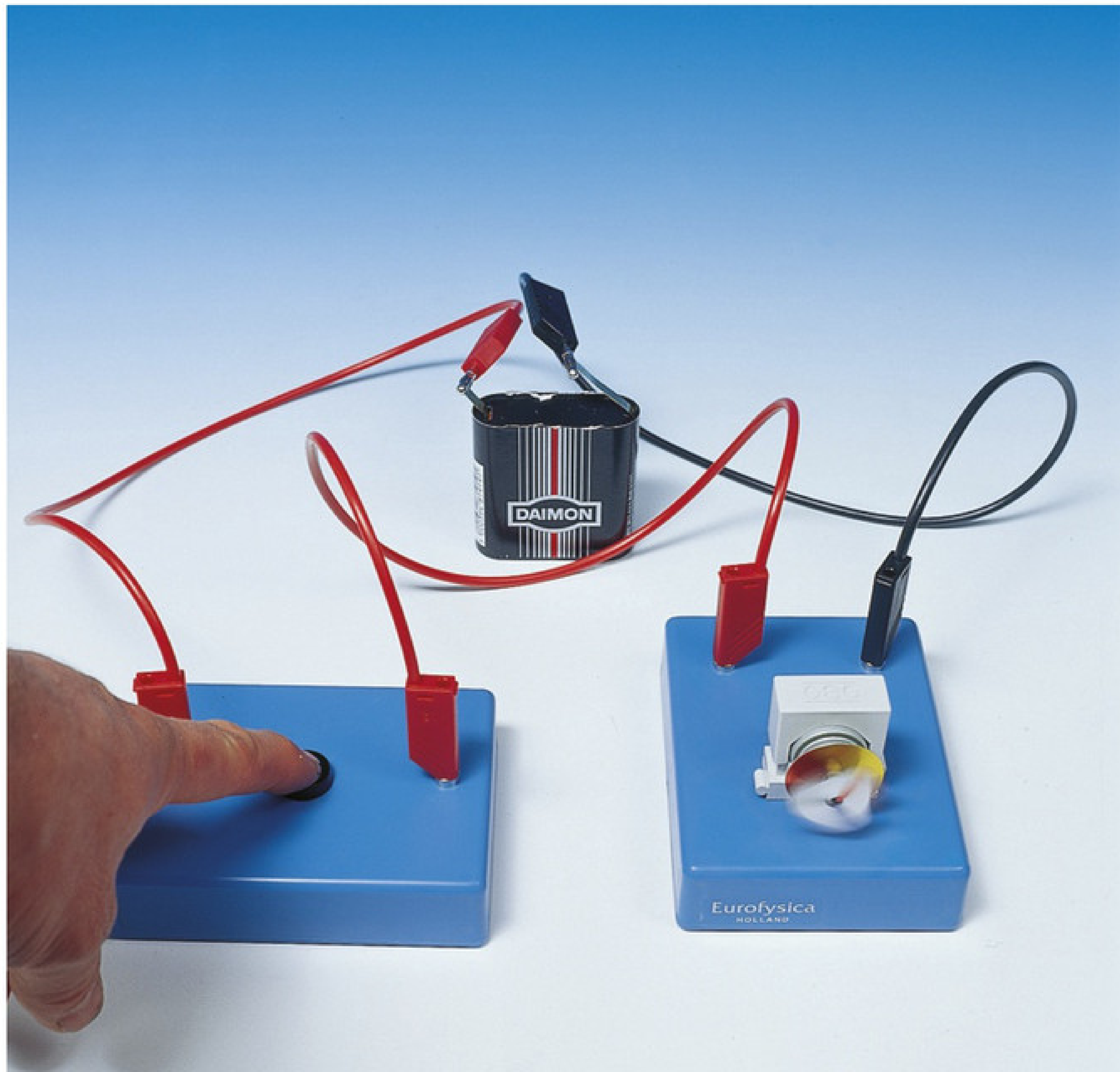


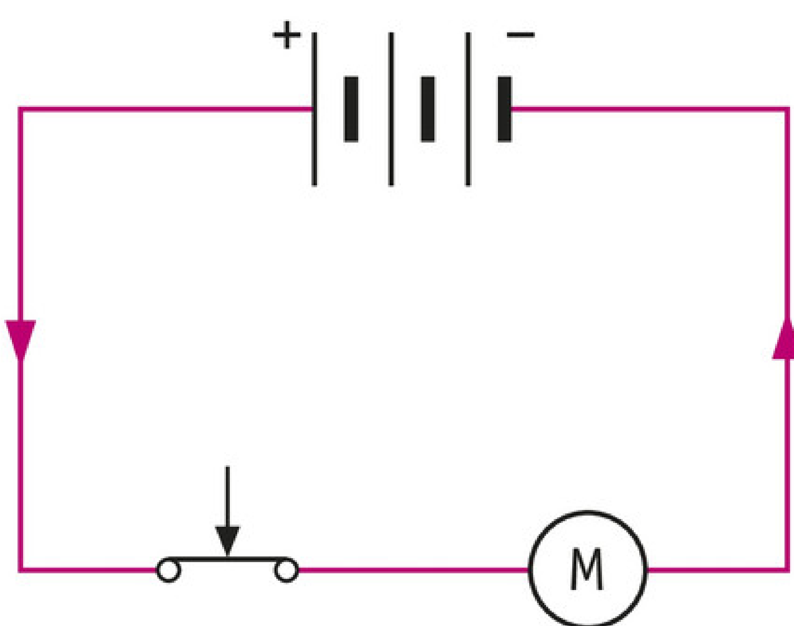
4 Elektriciteit

Elektrische energie

Je kunt moeilijk zonder elektriciteit. Dat merk je als er een stroomstoring is. Verlichting en verwarming vallen uit en apparaten doen het niet meer. Veel mensen kunnen hun werk niet meer doen. Daarom is iedereen opgelucht als het licht weer aangaat.

1 Stroomkringen





▲ **afbeelding 1**
een gesloten stroomkring

Een bureaulamp geeft veel meer licht dan de lamp op het nachtkastje. Dat komt doordat de lamp boven het bureau meer elektrische energie krijgt dan de lamp op het nachtkastje.

Stroom rond laten lopen

Elke keer als je een apparaat aanzet, maak je een **gesloten stroomkring**. In afbeelding 1 zie je een eenvoudig voorbeeld. Je sluit de stroomkring door op de schakelaar te drukken. De stroom kan dan rond lopen: van de ene pool van de batterij door de draden, het motortje en de schakelaar naar de andere pool van de batterij.

De stroom loopt altijd van de pluspool van de spanningsbron naar de minpool (van plus naar min). In een schakelschema kun je dat aangeven door pijltjes in de draden te tekenen.

Met een **stroommeter** kun je meten hoe sterk de stroom is. Een andere naam voor een stroommeter is ampèremeter. De **stroomsterkte** wordt gemeten in ampère (A) of milliampère (mA). Je schakelt een stroommeter in serie met het apparaat waardoor je de stroomsterkte wilt meten: de stroom door het apparaat loopt dan ook door de stroommeter.

Bij het aansluiten van een stroommeter moet je rekening houden met de stroomrichting. Je moet de pluskant van de meter verbinden met de pluskant van de spanningsbron. Anders loopt de stroom verkeerd om door de meter, en beweegt de wijzer de verkeerde kant op. Je kunt dan de stroomsterkte niet aflezen.

Geleiders en isolatoren

Om een stroomkring te maken heb je een spanningsbron en geleiders nodig. **Geleiders** zijn stoffen die de elektrische stroom goed doorlaten. Alle metalen zijn geleiders van elektriciteit. In afbeelding 2 zie je enkele geleiders die je thuis kunt tegenkomen. Vooral koper wordt veel toegepast, omdat het beter geleidt dan veel andere metalen.







▶ **afbeelding 2**
enkele veelgebruikte geleiders: koper (links), staal (midden) en wolfraam (rechts)

Een gesloten stroomkring wordt nergens onderbroken door een **isolator**. Isolatoren zijn stoffen waar geen elektrische stroom doorheen kan lopen, zoals plastic, rubber, glas en lucht. Plastic wordt gebruikt voor de buitenkant van stroomdraden, zodat je geen schok krijgt als je ze aanraakt.

Spanningsbronnen

In elke stroomkring vind je een **spanningsbron**. Die laat stroom rondlopen door de draden, lampjes, schakelaars, enzovoort van een stroomkring. Je kunt een spanningsbron vergelijken met de pomp van een cv-installatie. Die laat water rondstromen door de buizen en radiatoren van de centrale verwarming.

▼ **tabel 1** vier spanningsbronnen

spanningsbron	spanning
batterij	1,5 tot 9 V
accu	6 V / 12 V
dynamo fiets	6 V
generator in centrale	10 000 tot 24 000 V

Er zijn verschillende soorten spanningsbronnen: batterijen, accu's, zonnecellen, dynamo's en generatoren (tabel 1). Met een **spanningsmeter** kun je meten hoe groot hun spanning is. De spanning meet je in volt (V) of millivolt (mV).

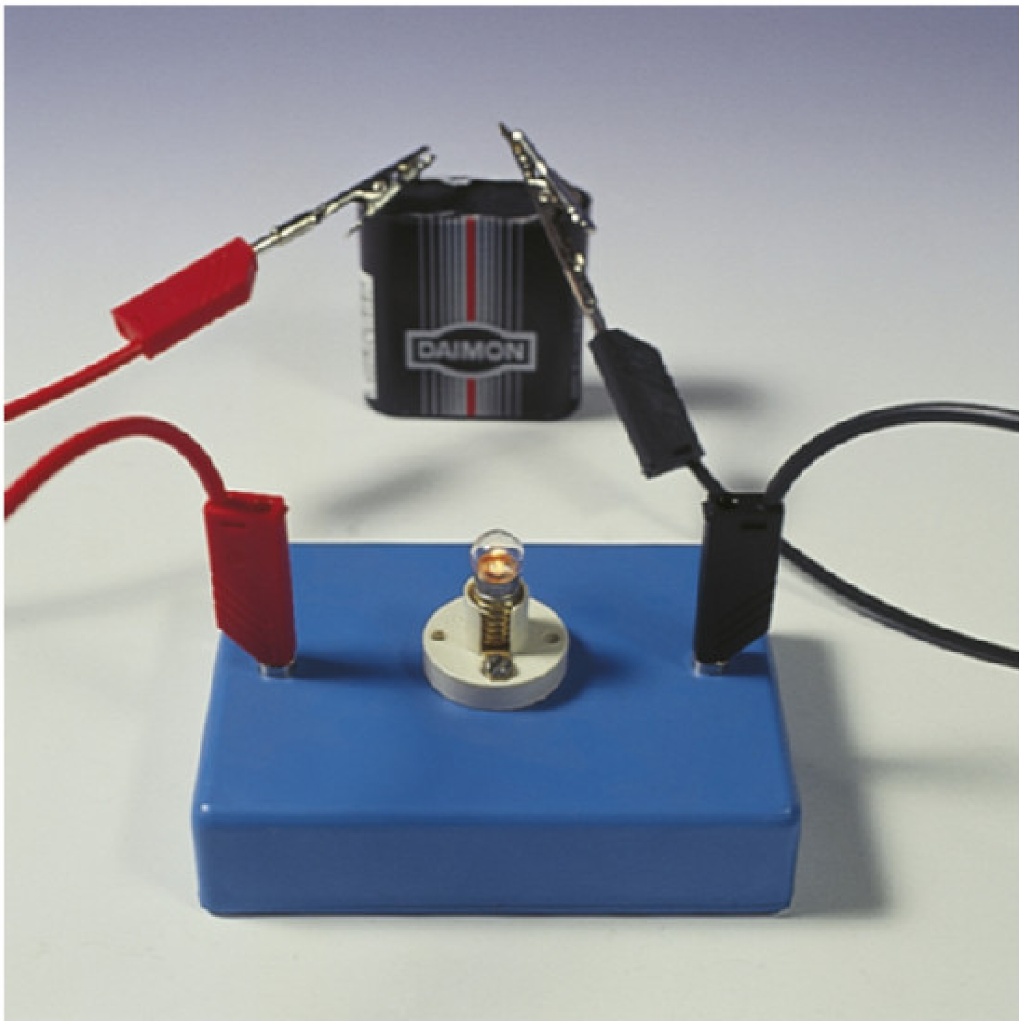


▶ **afbeelding 3**
van links naar rechts: een accu, een dynamo, batterijen en een zonnepaneel

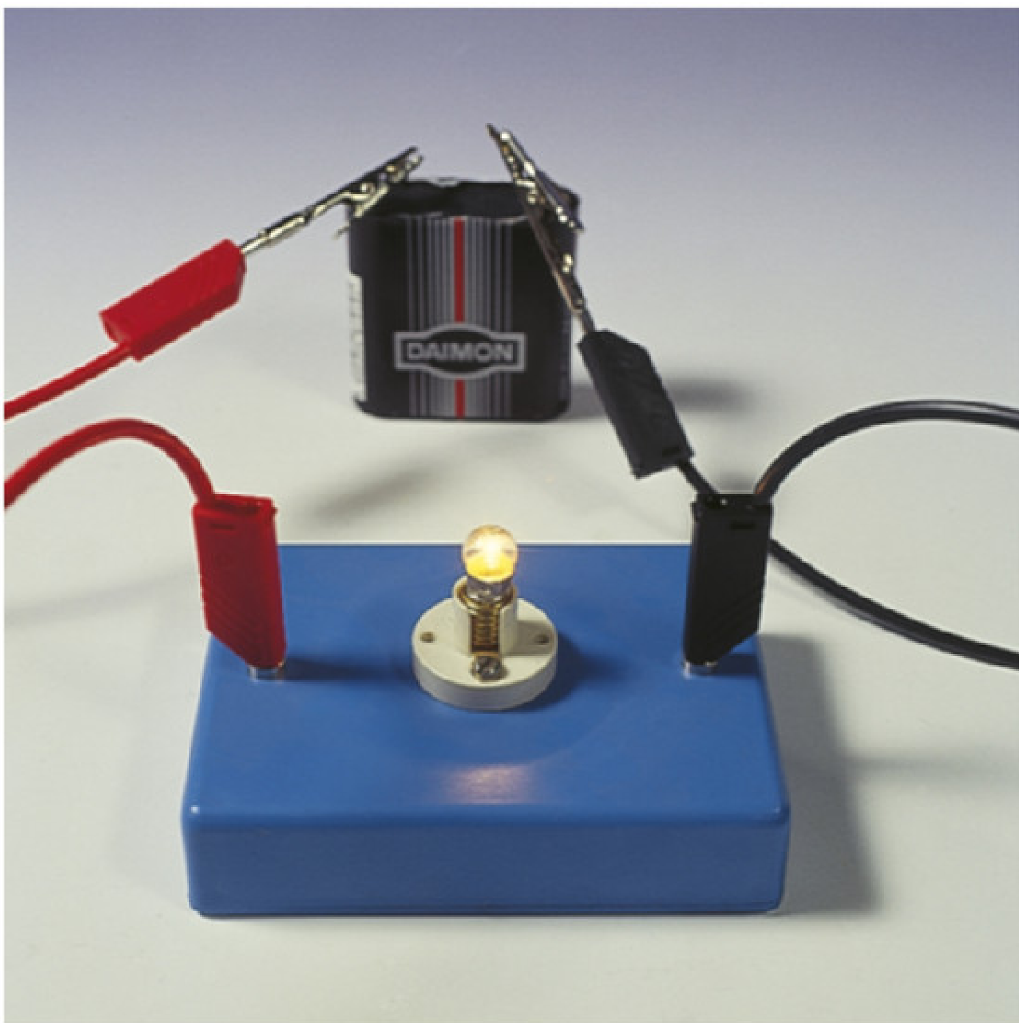
Met een regelbare spanningsbron kun je de spanning in een stroomkring groter of kleiner maken. De stroomsterkte wordt dan ook groter of kleiner. Je kunt de spanning en de stroomsterkte niet onbeperkt groter maken; daar kunnen de schakelonderdelen niet tegen. Op een gegeven moment zal er een onderdeel doorbranden en dan valt de stroom uit.

Weerstand

In afbeelding 4 zie je twee stroomkringen. De batterijen zijn precies gelijk, maar de lampjes verschillen. De **weerstand** (R) van lampje 1 is groter dan de weerstand van lampje 2. De stroom gaat daardoor moeilijker door lampje 1 dan door lampje 2. Hierdoor brandt lampje 1 minder fel dan lampje 2.



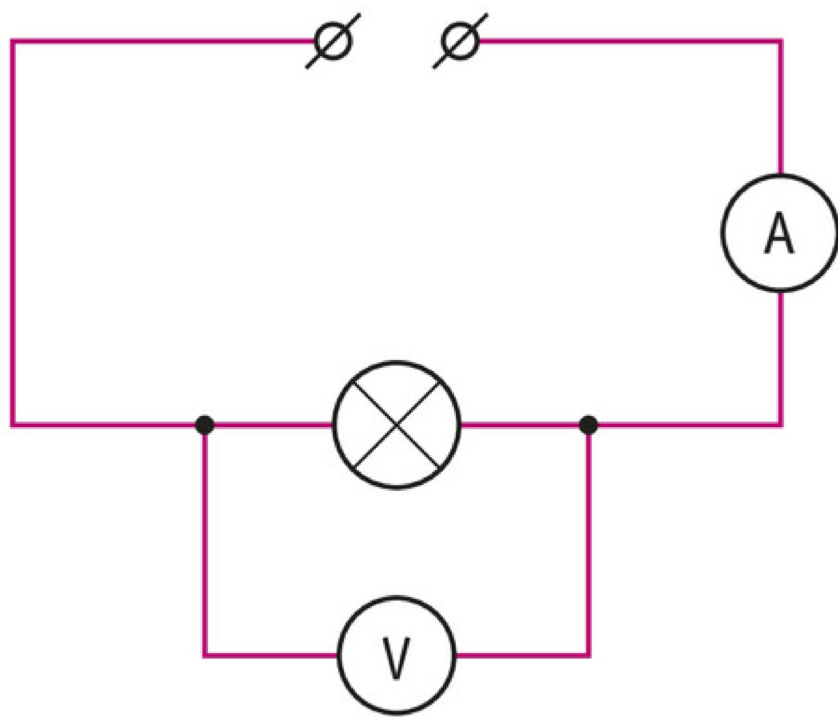
ⓐ



ⓑ

◀ **afbeelding 4**
een lampje met een grote weerstand (a) en een lampje met een kleine weerstand (b)

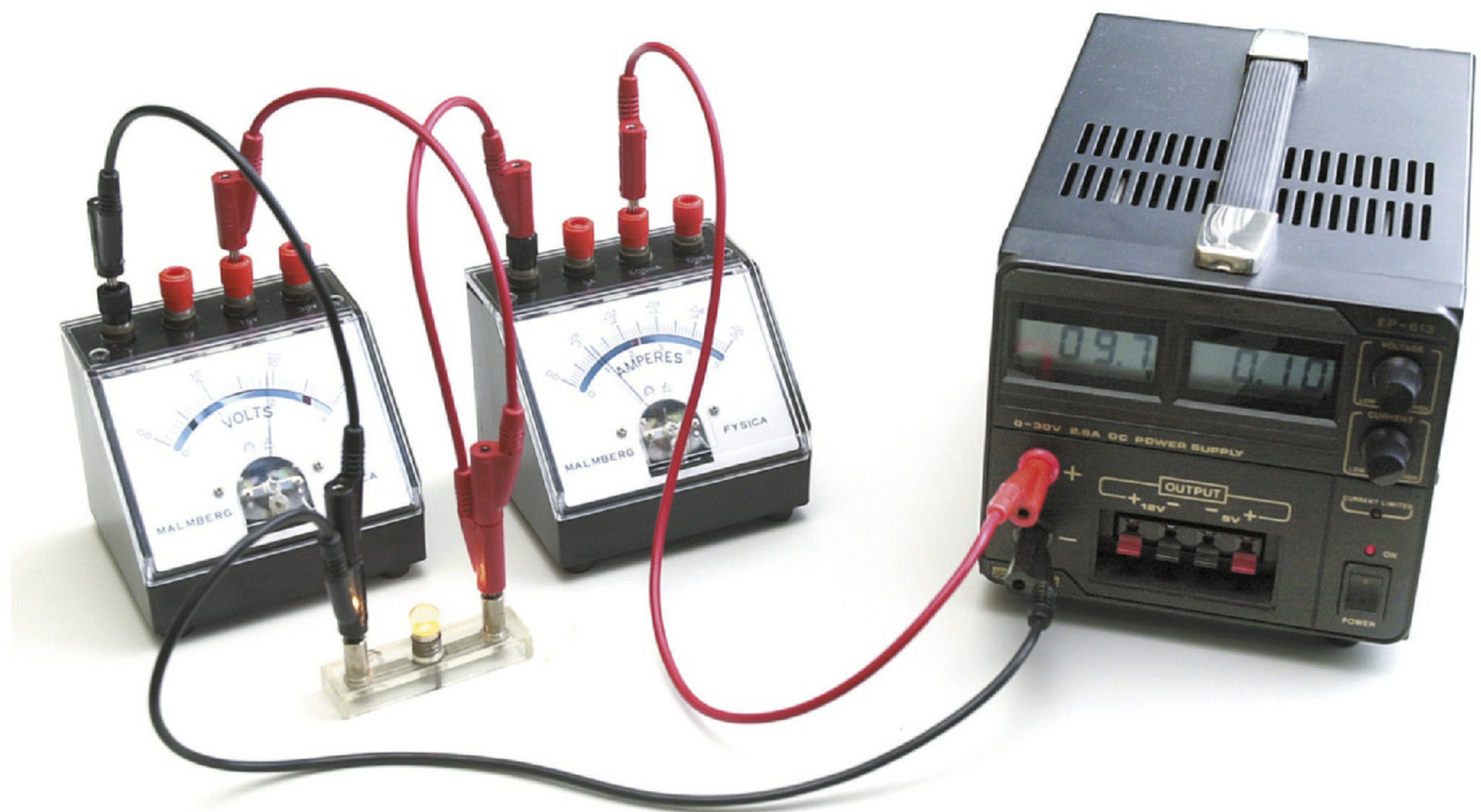
▼ **afbeelding 5**
Zo meet je de weerstand van een lampje.



Om de weerstand van een lampje te bepalen, gebruik je de schakeling in afbeelding 5. Je meet de stroomsterkte door het lampje en de spanning die over het lampje staat. Daarna reken je de weerstand uit met de formule:

$$R = \frac{U}{I}$$

Als je de spanning U invult in volt (V) en de stroomsterkte I in ampère (A), dan vind je weerstand R in ohm (Ω).





BEROEPENORIËNTATIE

Monteur elektrotechniek

Een servicemonteur elektrotechniek verzorgt service en onderhoud aan verschillende elektrotechnische machines, installaties en apparaten. De monteur plant onderhoud en voert het uit. Inregelen, afstellen en zo nodig programmeren van de besturing of aandrijving hoort bij de taken van de servicemonteur. En als het nodig is, brengt die ook verbeteringen aan. Het is een beroep waarbij je je dienstverlening voortdurend moet afstemmen op de wensen van de klant.

◀ **afbeelding 6**
Een servicemonteur inspecteert een robotarm.

De wet van Ohm Proef 1

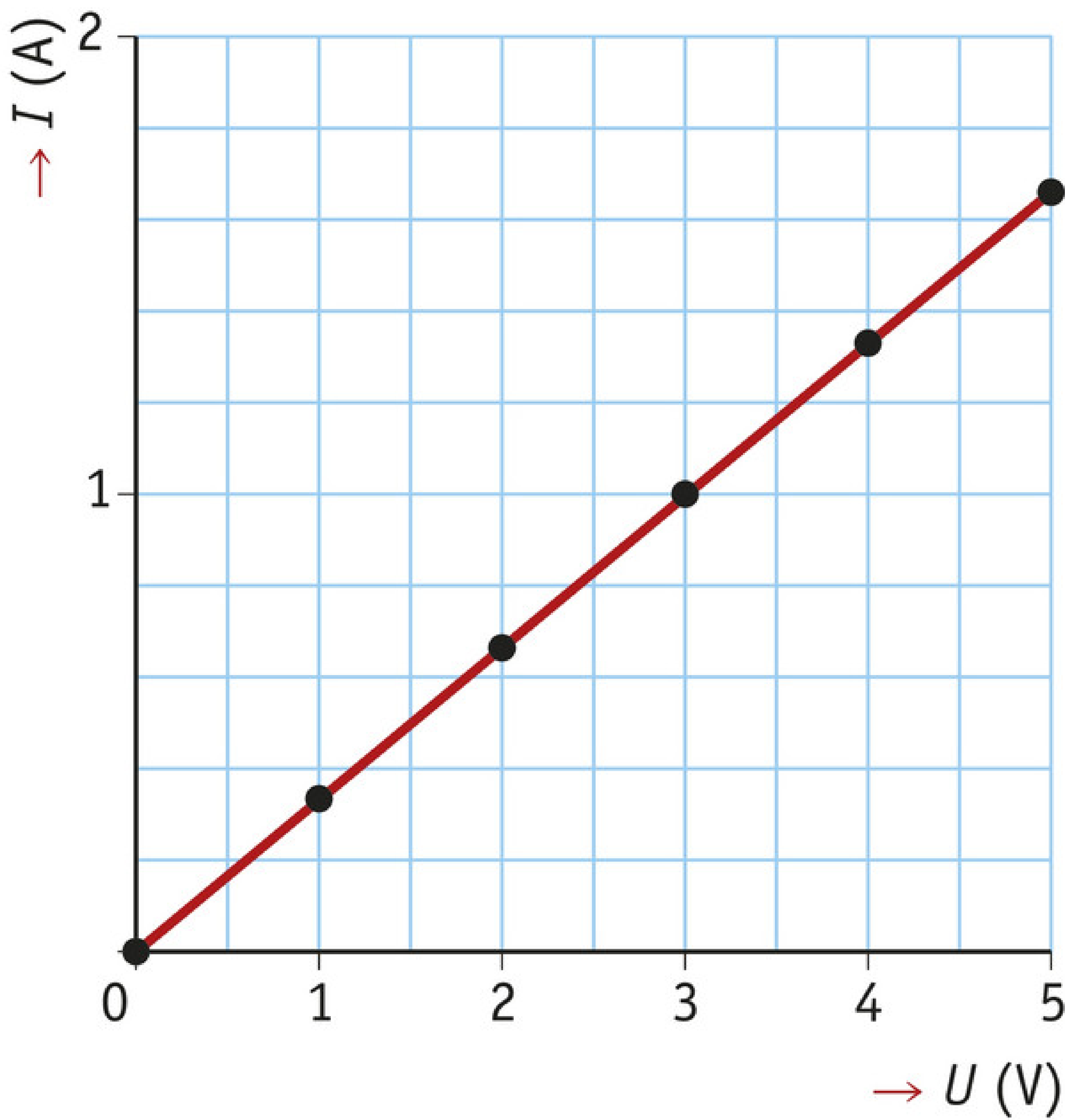
Je kunt de spanning over een draad langzaam opvoeren en telkens de stroomsterkte meten. In tabel 2 zie je de meetresultaten van zo'n proef. De gebruikte draad is van constantaan (een legering van koper, nikkel en mangaan). Ga zelf na dat je steeds dezelfde waarde voor *R* vindt, als je *U* door *I* deelt. Met andere woorden:

De weerstand van de draad is steeds even groot.

Deze regel wordt de **wet van Ohm** genoemd. Uit de wet van Ohm volgt dat de spanning en de stroomsterkte evenredig zijn. Je kunt dat ook zien aan het **(*I*,*U*)-diagram** in afbeelding 7: de grafiek is een rechte lijn die begint in de oorsprong.

▼ **tabel 2** de meetresultaten van een proef met constantaandraad

U (V)	*I* (A)
0	0
1,0	0,32
2,0	0,65
3,0	1,00
4,0	1,33
5,0	1,66



◀ **afbeelding 7**
het (*I*,*U*)-diagram van een proef met een constantaandraad

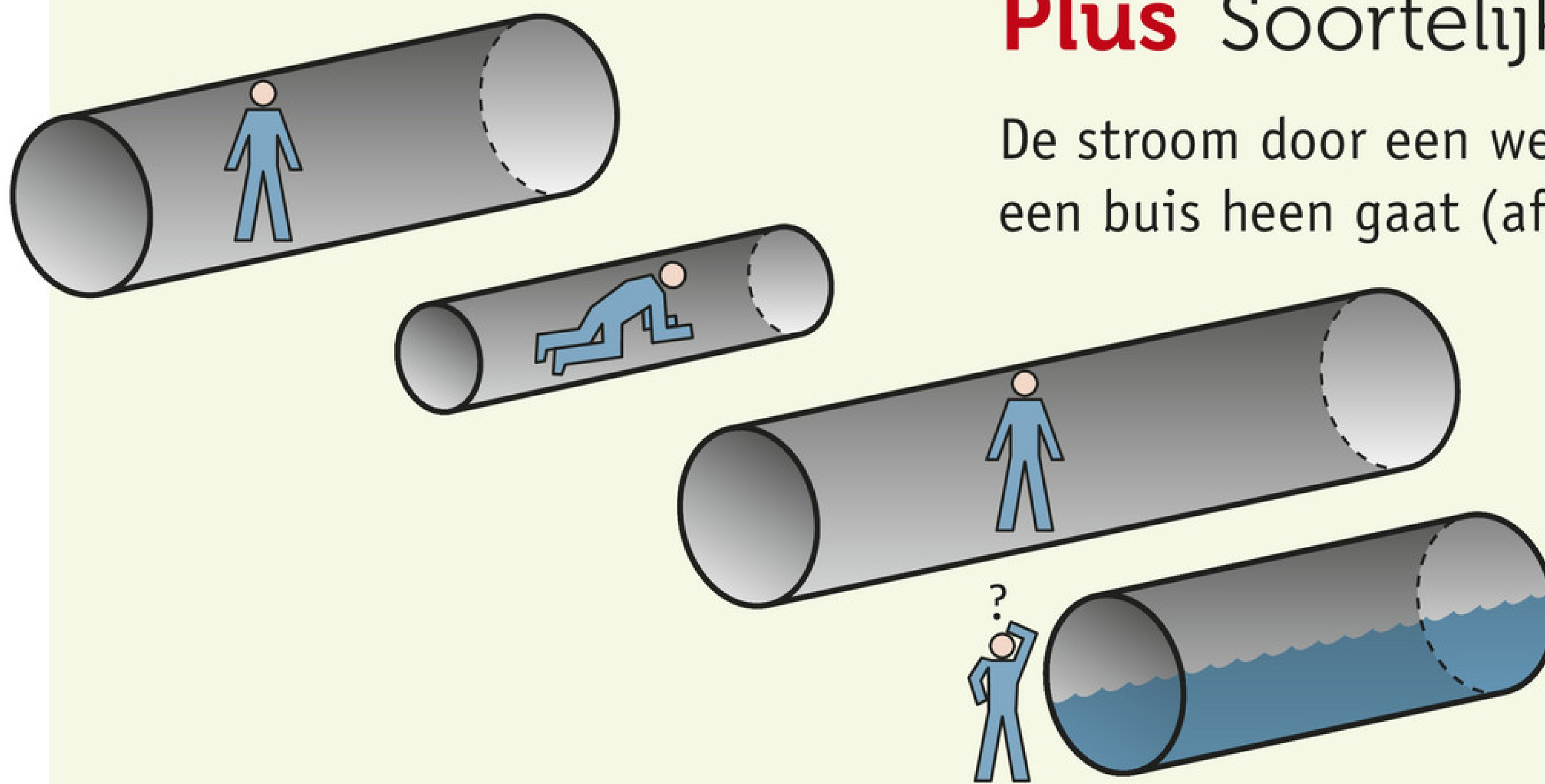
Proef 2

De meeste metaaldraden hebben alleen een constante weerstand als hun temperatuur niet verandert. Als hun temperatuur stijgt, wordt hun weerstand langzaam groter. Het bijzondere van constantaan is dat de invloed van de temperatuur op de weerstand te verwaarlozen is.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Soortelijke weerstand

De stroom door een weerstand kun je vergelijken met een mens die door een buis heen gaat (afbeelding 8).



▲ **afbeelding 8**
factoren die het moeilijk maken om door een buis te komen

De weerstand van een stuk draad wordt bepaald door drie factoren.

- Een lange draad heeft meer weerstand dan een korte draad. Hoe langer de draad, hoe moeilijker de stroom erdoor gaat.
- Een dunne draad heeft meer weerstand dan een dikke draad. Hoe groter de doorsnede (A) van de draad, hoe gemakkelijker de stroom erdoor gaat. Dat kun je vergelijken met een brede gang op school. Daar kun je bij een leswisseling sneller doorheen lopen dan door een smalle gang.
- Het ene metaal laat stroom beter door dan het andere metaal. Hoe goed een metaal geleidt, wordt bepaald door de soortelijke weerstand (ρ). Je kunt de soortelijke weerstand van verschillende metalen (bij 20 °C) vinden in Binas.

De weerstand is gelijk aan: $\dfrac{\textit{soortelijke weerstand} \times \textit{de lengte van de draad}}{\textit{doorsnede van de draad}}$

of in symbolen: $R = \dfrac{\rho \cdot l}{A}$

Voorbeeld

Laat met een berekening zien dat een koperdraad met een lengte van 3,75 m en doorsnede van 3,0 mm² een kleinere weerstand heeft dan een even lange koperdraad met een doorsnede van 1,0 mm².
De soortelijke weerstand van koper = 0,017 Ω · mm²/m (Binas).

Draad van 1 mm²:

$$R = \frac{0{,}017 \times 3{,}75}{1{,}0} = 0{,}063\,75 \approx 0{,}064\ \Omega$$

Draad van 3,0 mm²:

$$R = \frac{0{,}017 \times 3{,}75}{3{,}0} = 0{,}021\,25 \approx 0{,}021\ \Omega$$

2 Elektrische energie

Het ene apparaat gebruikt meer elektrische energie dan het andere apparaat. Meriks mp3-speler speelt bijvoorbeeld acht uur op een nieuwe batterij, terwijl Naära's mp3-speler het met dezelfde batterij maar zes uur volhoudt.

Chemische en elektrische energie

Een gewone personenauto heeft een brandstofmotor die werkt op benzine of dieselolie. Bij de verbranding daarvan komt **chemische energie** vrij. Dat de motor iets verbruikt, kun je merken doordat de voorraad benzine of dieselolie in de tank steeds kleiner wordt.
Een hybride auto heeft twee motoren: een brandstofmotor en een elektromotor (afbeelding 9).

De energie voor de elektromotor is opgeslagen in een of meer accu's. Tijdens het rijden op de elektromotor worden er geen vervuilende uitlaatgassen uitgestoten.

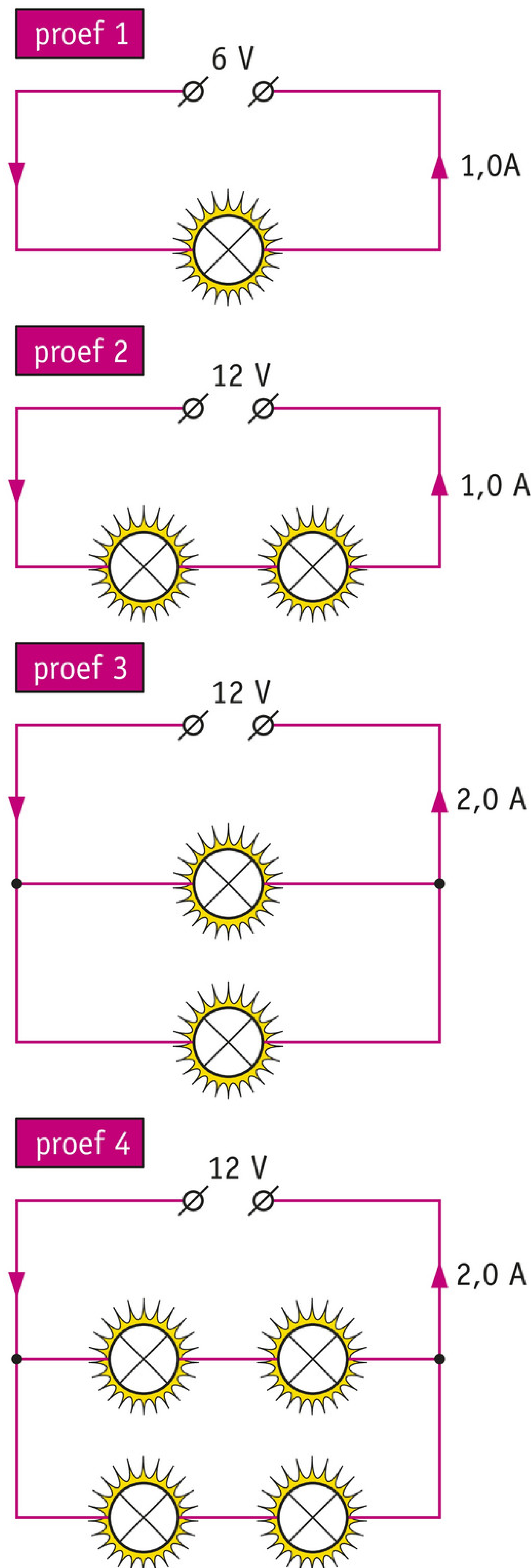
Als je de systemen van de brandstofmotor en de elektromotor met elkaar vergelijkt, zie je veel overeenkomsten (tabel 3).

▼ **tabel 3** de systemen van een brandstofmotor en een elektromotor

	benzinemotor	elektromotor
voorraad energie	benzinetank	accu
transportleiding	benzineleidingen	stroomdraden
energieomzetting	chemische energie → bewegingsenergie	elektrische energie → bewegingsenergie



◀ **afbeelding 9**
Een hybride auto 'tankt' elektrische energie bij een laadpaal.



▲ **afbeelding 10**
Het vermogen hangt af van de spanning en de stroomsterkte.

Elektrisch vermogen

Met het **elektrisch vermogen** (*P*) geef je aan hoeveel elektrische energie een spanningsbron per seconde levert. Het elektrisch vermogen is evenredig met de spanning én met de stroomsterkte. Dat kun je nagaan door proeven te doen met enkele lampjes (afbeelding 10):

- In proef 1 brandt één lampje op de juiste spanning: 6 V. De stroomsterkte door het lampje is dan 1,0 A.
- In proef 2 zijn twee lampjes in serie geschakeld. De spanningsbron is nu ingesteld op 12 V. Elk lampje brandt dan op de juiste spanning: 6 V. Als de (totale) spanning verdubbelt, verdubbelt het vermogen ook: er branden nu 2× zo veel lampjes als bij proef 1.
- In proef 3 zijn twee lampjes parallel geschakeld. De spanningsbron is nu weer ingesteld op 6 V. Door elk lampje loopt een stroom van 1,0 A, dus de totale stroomsterkte is 2,0 A. Als de (totale) stroomsterkte verdubbelt, verdubbelt het vermogen ook: er branden nu 2× zo veel lampjes als bij proef 1.
- In proef 4 branden vier lampjes op de juiste spanning. De (totale) spanning en de (totale) stroomsterkte zijn vergeleken met proef 1 allebei verdubbeld. Je ziet dat het geleverde vermogen nu 4× zo groot is: in plaats van één lampje (bij proef 1) branden er nu vier lampjes. Anders gezegd: bij proef 4 wordt per seconde 4× zo veel elektrische energie omgezet in licht en warmte als bij proef 1.

Het elektrisch vermogen berekenen

Je kunt het elektrisch vermogen berekenen met de formule:

$$P_{el} = U \cdot I$$

Als je de spanning *U* invult in volt (V) en de stroomsterkte *I* in ampère (A), dan vind je het vermogen *P* in watt (W).

Voorbeeld
In een zaklantaarn zitten drie batterijen van 1,5 V. De batterijen zijn in serie geschakeld. Door het lampje in de lantaarn loopt een stroom van 0,2 A.
Bereken het elektrisch vermogen dat de batterijen samen leveren.

$U = 1,5 + 1,5 + 1,5 = 4,5$ V
$I = 0,2$ A

$P_{el} = U \cdot I$
$= 4,5 \times 0,2$
$= 0,9$ W

De elektrische energie berekenen

Als je het vermogen van een spanningsbron kent, kun je berekenen hoeveel elektrische energie in een bepaalde tijd wordt geleverd. Daarvoor gebruik je de formule:

$E = P \cdot t$

Als je het vermogen P invult in watt (W) en de tijd t in seconden (s), dan vind je de (elektrische) energie E in joule (J).

Omdat $P_{el} = U \cdot I$, kun je ook schrijven:

$E_{el} = U \cdot I \cdot t$

Voorbeeld
De zaklantaarn uit het vorige voorbeeld wordt 10 minuten gebruikt. Bereken hoeveel elektrische energie de batterij in die 10 minuten levert.

P = 0,9 W
t = 10 min = 10 × 60 = 600 s

$E = P \cdot t$ = 0,9 × 600 = 540 J

De capaciteit van een batterij

Hoelang een batterij meegaat, hangt af van de stroomsterkte die het aangesloten apparaat nodig heeft. Hoe groter de stroomsterkte, hoe sneller de batterij leeg is. Je kunt op een batterij zien hoeveel stroom deze kan leveren (afbeelding 11). Op deze batterij staat 1800 mAh (= milliampère-uur). Dat betekent dat deze batterij:
– 18 uur lang 100 mA aan stroom kan leveren;
– 9 uur lang 200 mA aan stroom kan leveren;
– 6 uur lang 300 mA aan stroom kan leveren;
– enzovoort.

De capaciteit (C) is gelijk aan de stroomsterkte (in mA) × de tijd (in h). Of in letters:

$C = I \cdot t$

Als je de stroomsterkte in ampère geeft en de tijd in uren, dan krijg je de capaciteit in ampère-uur (Ah).
Geef je de stroomsterkte in milliampère en de tijd in uren, dan krijg je de capaciteit in milliampère-uur (mAh).



▲ **afbeelding 11**
een batterij met een capaciteit van 1800 mAh

Voorbeeld
Door een zaklantaarn loopt een stroom van 0,2 A. Als de lamp 10 uur heeft gebrand, is de batterij leeg.
Hoe groot is de capaciteit van deze batterij?

$C = I \cdot t$
$C = 0{,}2 \times 10 = 2$ Ah

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Zonnepanelen

Een zonnepaneel is een vlakke plaat waarop een aantal zonnecellen is gemonteerd. De zonnecellen zetten de stralingsenergie in zonlicht voor een deel om in elektrische energie. Die elektrische energie kun je gebruiken om apparaten thuis te laten werken (afbeelding 12).

Zelfs onder gunstige omstandigheden geeft één zonnecel maar een lage spanning. Om aan een hogere spanning te komen, wordt een reeks zonnecellen in serie geschakeld. Je kunt de totale spanning van zo'n reeks vinden door de afzonderlijke spanningen bij elkaar op te tellen. Als één zonnecel 0,5 V levert, dan levert een reeks van zes in serie geschakelde zonnecellen 3 V.

Eén reeks zonnecellen kan maar een beperkte hoeveelheid stroom leveren. Om de stroomsterkte op te voeren, worden er meerdere reeksen parallel geschakeld. Hoe groter het aantal parallel geschakelde reeksen, des te groter is de stroomsterkte, en dus ook het vermogen.



▶ **afbeelding 12**
De bewoners van deze huizen gebruiken elektrische energie uit zonnecellen.

3 Elektrische energie opwekken

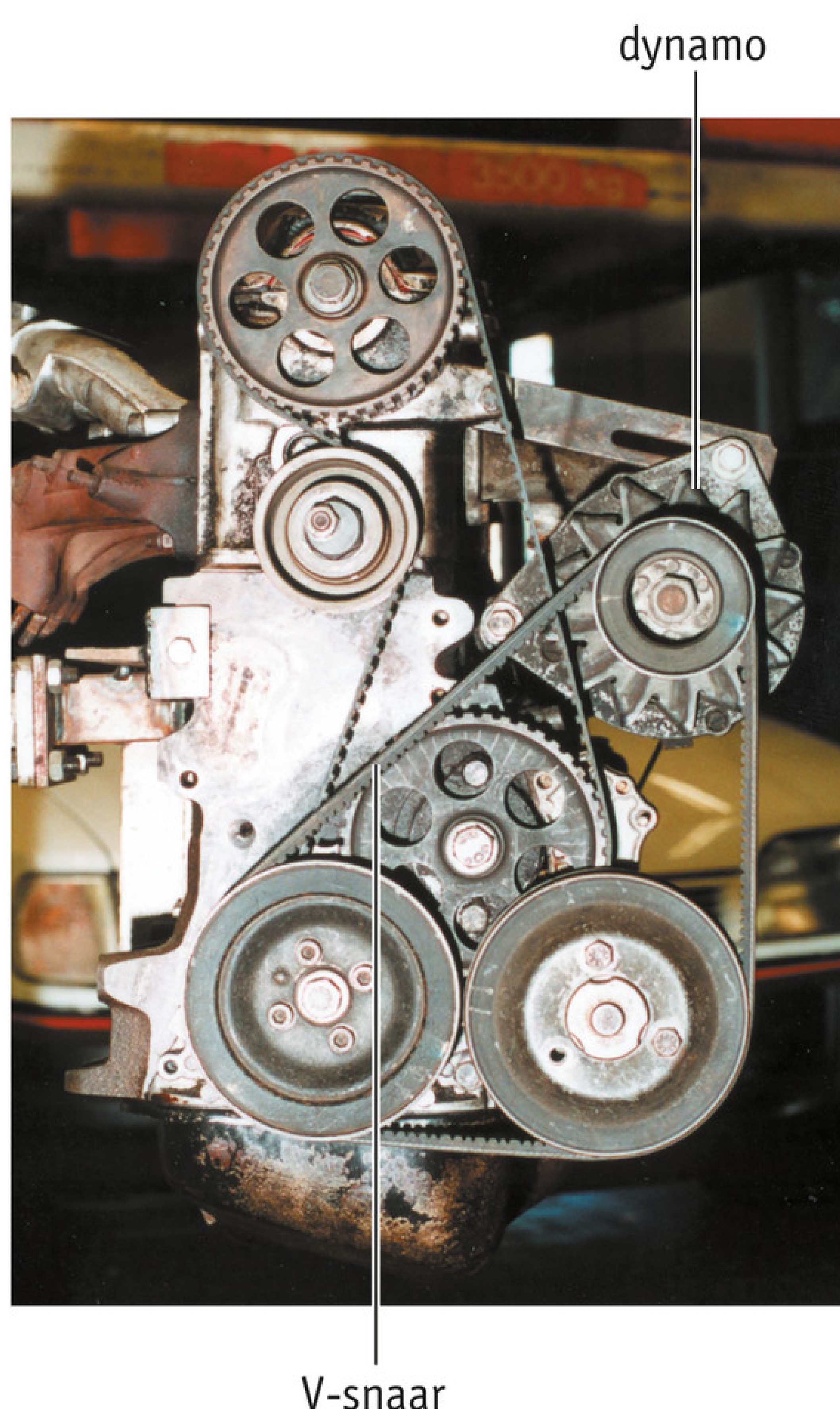
Veel fietsverlichting werkt op een dynamo, die elektrische energie opwekt. De dynamo zit steeds vaker in de as van een van de wielen, zodat hij onder het rijden altijd energie opwekt. Ook in een auto zit een dynamo.

De elektrische installatie van een auto

Een auto heeft allerlei onderdelen die op elektrische energie werken: de startmotor, de verlichting, de ruitenwissers, de achterruitverwarming, het navigatiesysteem, de airco, enzovoort.

Wanneer de motor van de auto niet draait, wordt de benodigde elektrische energie geleverd door een accu. Een autoaccu bestaat uit zes 'cellen' die in serie zijn geschakeld. Samen leveren ze een spanning van 6 × 2 = 12 V (als de accu is opgeladen).

Vanaf de pluspool van de accu lopen draden naar de verschillende onderdelen. Om de stroomkring te sluiten worden de onderdelen verbonden met het (goed geleidende) metaal van de auto zelf. In de autotechniek wordt dat metaal de **massa** genoemd. (Bij een fietsdynamo is het frame van je fiets de massa.) Het metaal van de auto is weer verbonden met de minpool van de accu.

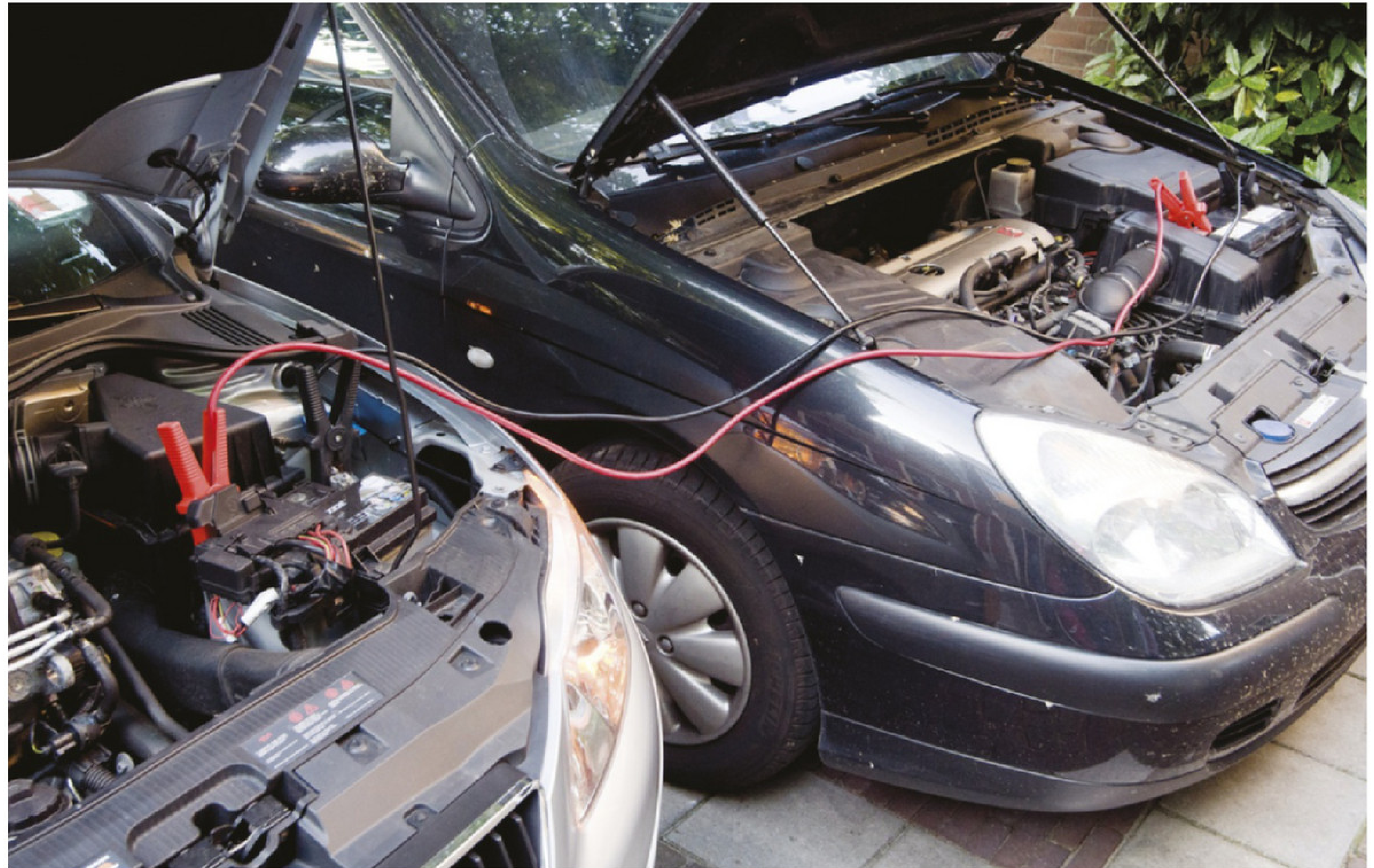


De dynamo

Je start een auto met behulp van een elektrische motor: de startmotor. De startmotor brengt de benzine- of dieselmotor van de auto op gang. De accu levert de elektrische energie die nodig is om te starten. Het starten kost veel elektrische energie. Dat blijkt als de motor van de auto niet wil aanslaan en de bestuurder steeds doorgaat met starten. Na een paar minuten is de accu 'leeg' (ontladen).

Als de motor van de auto is gestart, laat hij niet alleen de wielen draaien. De motor drijft ook een **dynamo** aan (afbeelding 13). Tijdens het rijden levert de dynamo de elektrische energie die in de auto nodig is. Bovendien zorgt de dynamo ervoor dat de accu weer wordt opgeladen.

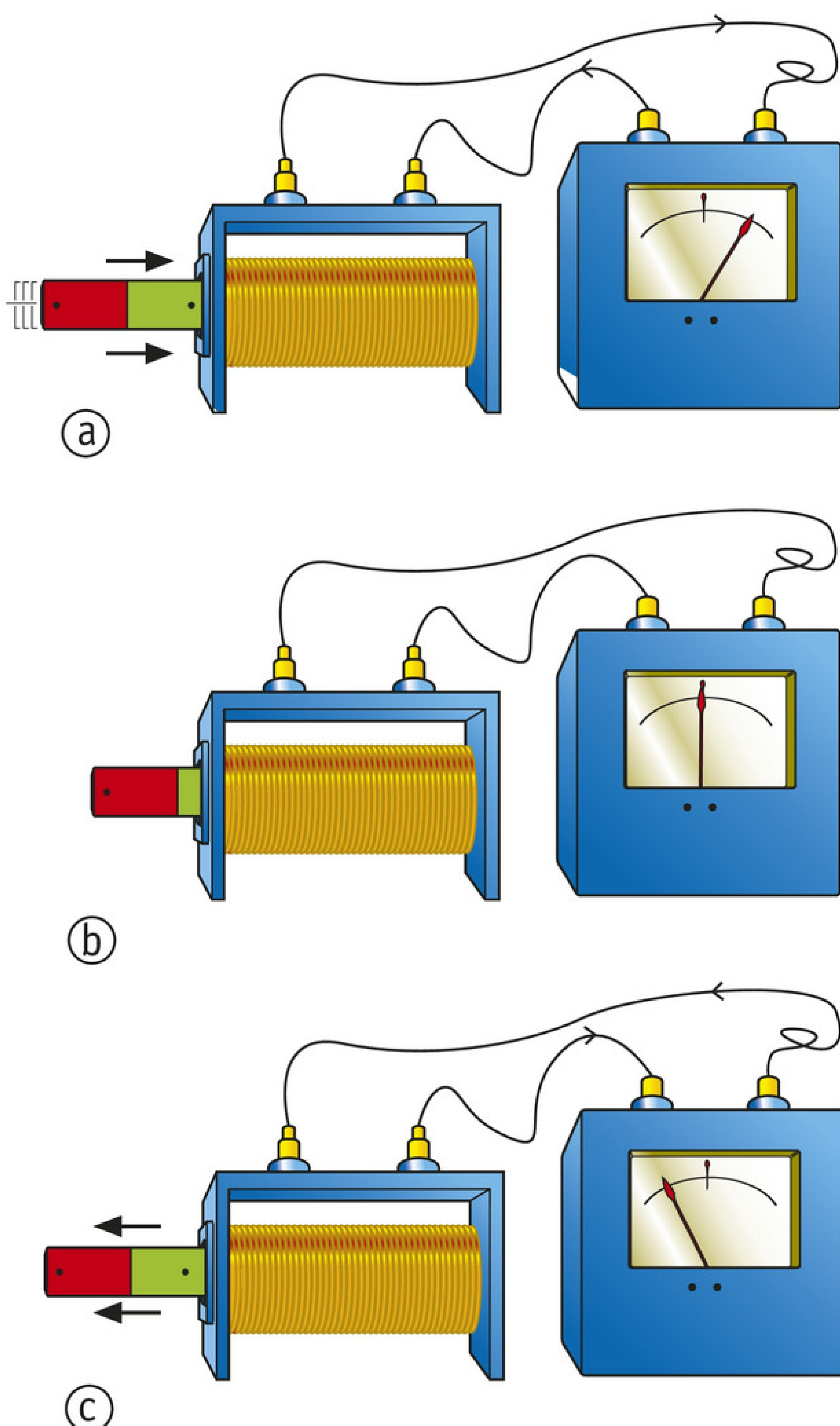
◀ **afbeelding 13**
De dynamo wordt aangedreven door een V-snaar.



▶ **afbeelding 14**
Zo start je een auto met een lege accu.

Een auto heeft dus twee spanningsbronnen: een dynamo en een accu. De dynamo wekt elektrische energie op als de auto rijdt. De accu slaat die energie op. Dat is noodzakelijk om:
– de motor van de auto te laten starten;
– elektrische energie te leveren als de motor stilstaat.

Dankzij de accu kun je de alarmlichten laten branden als je auto met motorpech aan de kant van de weg staat.



▲ **afbeelding 15**
spanning opwekken met een bewegende magneet

Spanning opwekken

In afbeelding 15 zie je een eenvoudig model van een dynamo. Je hebt er maar twee onderdelen voor nodig: een spoel en een **permanente magneet**. Dat is een stuk metaal dat blijvend magnetisch is gemaakt (permanent betekent 'blijvend'). Je kunt met deze opstelling spanning opwekken door de magneet in de spoel heen en weer te bewegen.
– In afbeelding 15a wordt de magneet in de spoel geschoven. De stroommeter slaat daarbij uit naar rechts.
– In afbeelding 15b ligt de magneet in de spoel zonder te bewegen. Er loopt dan geen stroom door de stroomkring.
– In afbeelding 15c wordt de magneet weer uit de spoel gehaald. De stroommeter slaat dan naar links uit.

Uit dit soort proeven blijkt: als het magneetveld in een spoel verandert, ontstaat er een spanning tussen de uiteinden van de spoel. Als het magneetveld in een spoel niet verandert (zoals in afbeelding 15b), wordt er geen spanning opgewekt en loopt er ook geen stroom.

Doordat het magneetveld steeds verandert, ontstaat er een stroom die ook steeds van richting verandert: een wisselstroom. De spanning noem je daarom **wisselspanning**.

De werking van een dynamo

In afbeelding 16 zie je hoe een fietsdynamo werkt. Een permanente magneet magnetiseert een kern die van **weekijzer** is gemaakt. Als je een magneet bij weekijzer houdt, wordt het snel magnetisch. Als je de magneet weghaalt, is de magnetisering ook weer even snel verdwenen.

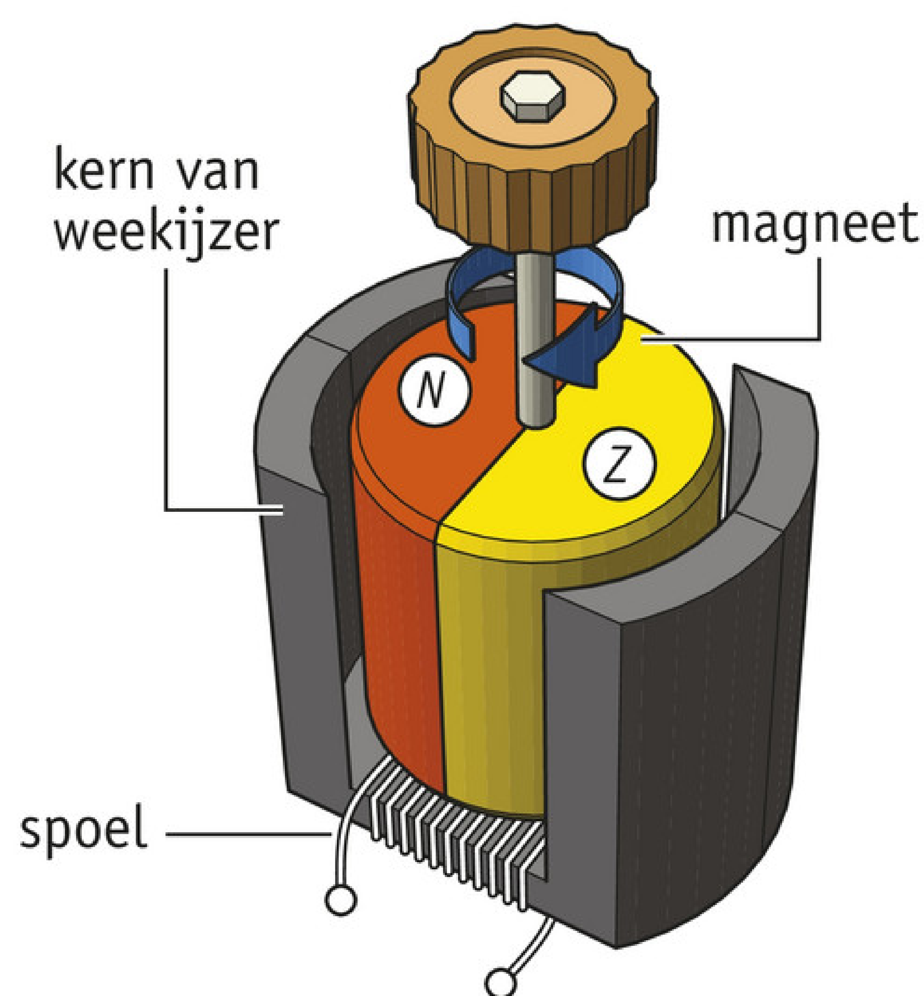
Als je de dynamo aanzet, begint de magneet te draaien. Daardoor wordt het weekijzer steeds verschillend gemagnetiseerd. Dat zie je aan de veldlijnen die in de kern zijn getekend. Het magneetveld in de spoel verandert steeds van grootte en richting. Zo wordt er een spanning opgewekt tussen de uiteinden van de spoel.

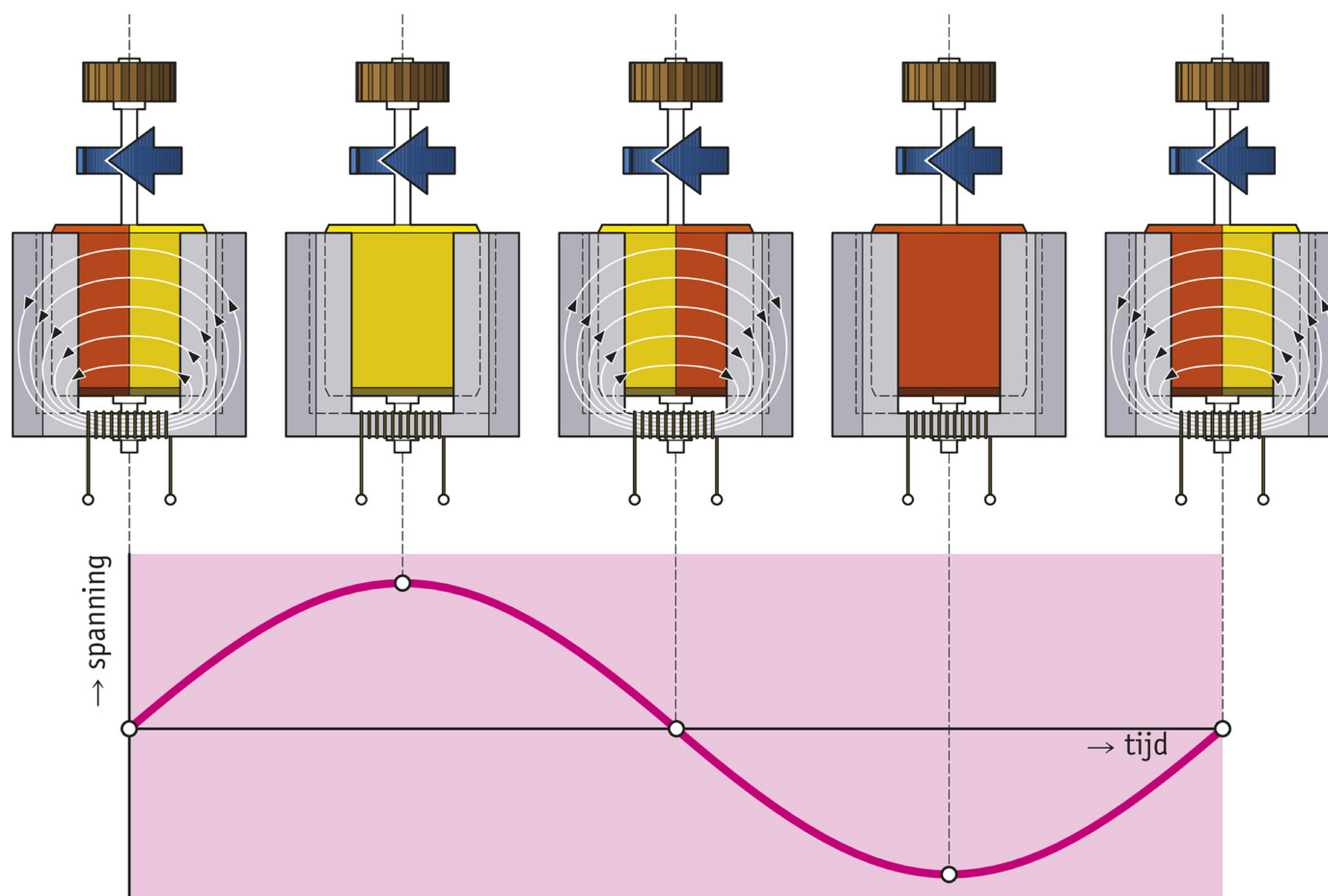
Een dynamo levert een wisselspanning. Dat komt door de manier waarop de spanning wordt opgewekt. In afbeelding 16 zie je ook hoe de spanning verandert. Er zijn ook dynamo's waarin de spoel ronddraait, terwijl de magneet stilstaat. Ook in dat geval verandert het magneetveld in de spoel steeds van grootte en richting.

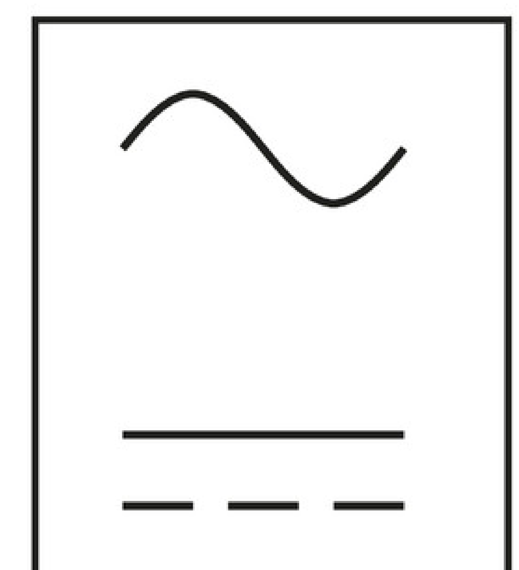
Een accu en een batterij leveren een constante spanning. Zo'n spanning noem je een **gelijkspanning**.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

▼ **afbeelding 16**
Zo werkt een dynamo.







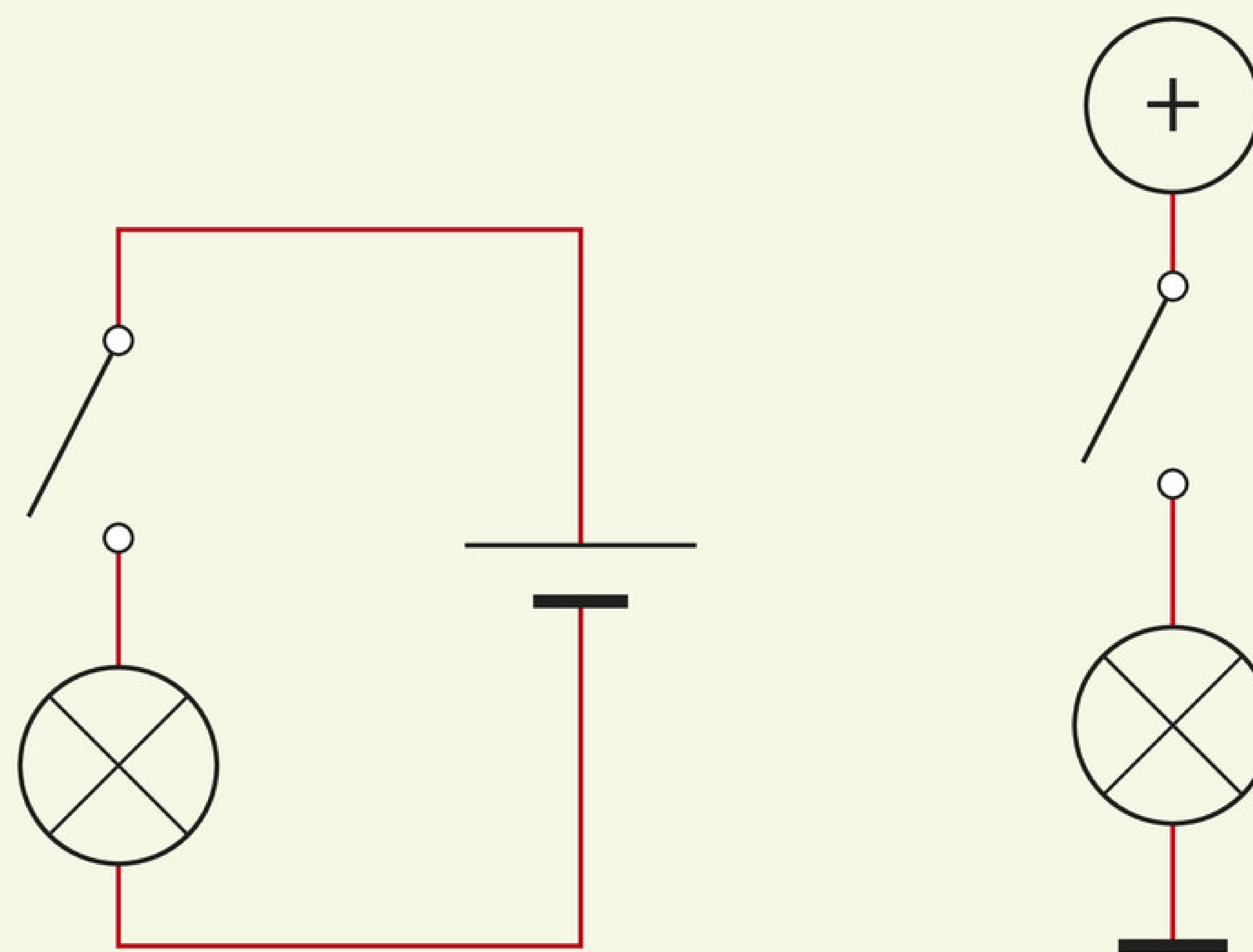
▲ **afbeelding 17**
de symbolen voor wisselspanning (boven) en gelijkspanning (onder)

Plus Massa in de autotechniek

In de autotechniek gebruik je het woord ‘massa’ in een speciale betekenis. Een autotechnicus zegt bijvoorbeeld dat hij een autoradio aansluit ‘aan de massa’. Dat betekent dat hij een stroomkring maakt door de radio te verbinden met het chassis (de metalen balken van de auto).

Het is handig om de massa te gebruiken. Dat maakt de elektrische bedrading in de auto veel eenvoudiger. Je hoeft maar één kabel naar elk onderdeel toe te leggen, omdat je de stroom via de massa terug kunt laten lopen naar de accu.

Schakelschema’s voor auto’s zien er anders uit dan je gewend bent. Dat zie je in afbeelding 18. Links is een schakeling getekend op de ‘gewone’ manier, die je bij natuurkunde altijd gebruikt. Rechts is dezelfde schakeling weer getekend, maar nu zoals je dat in de autotechniek doet. De lijn van de plus naar de lamp is de aanvoerkabel. De korte lijn onder de lamp eindigt met een dwarsstreep, dat is de massa.



▶ **afbeelding 18**
Zo teken je een schakeling in de natuurkunde (links) en in de autotechniek (rechts).

4 Elektrische energie vervoeren



▲ **afbeelding 19**
een generator in een elektriciteitscentrale

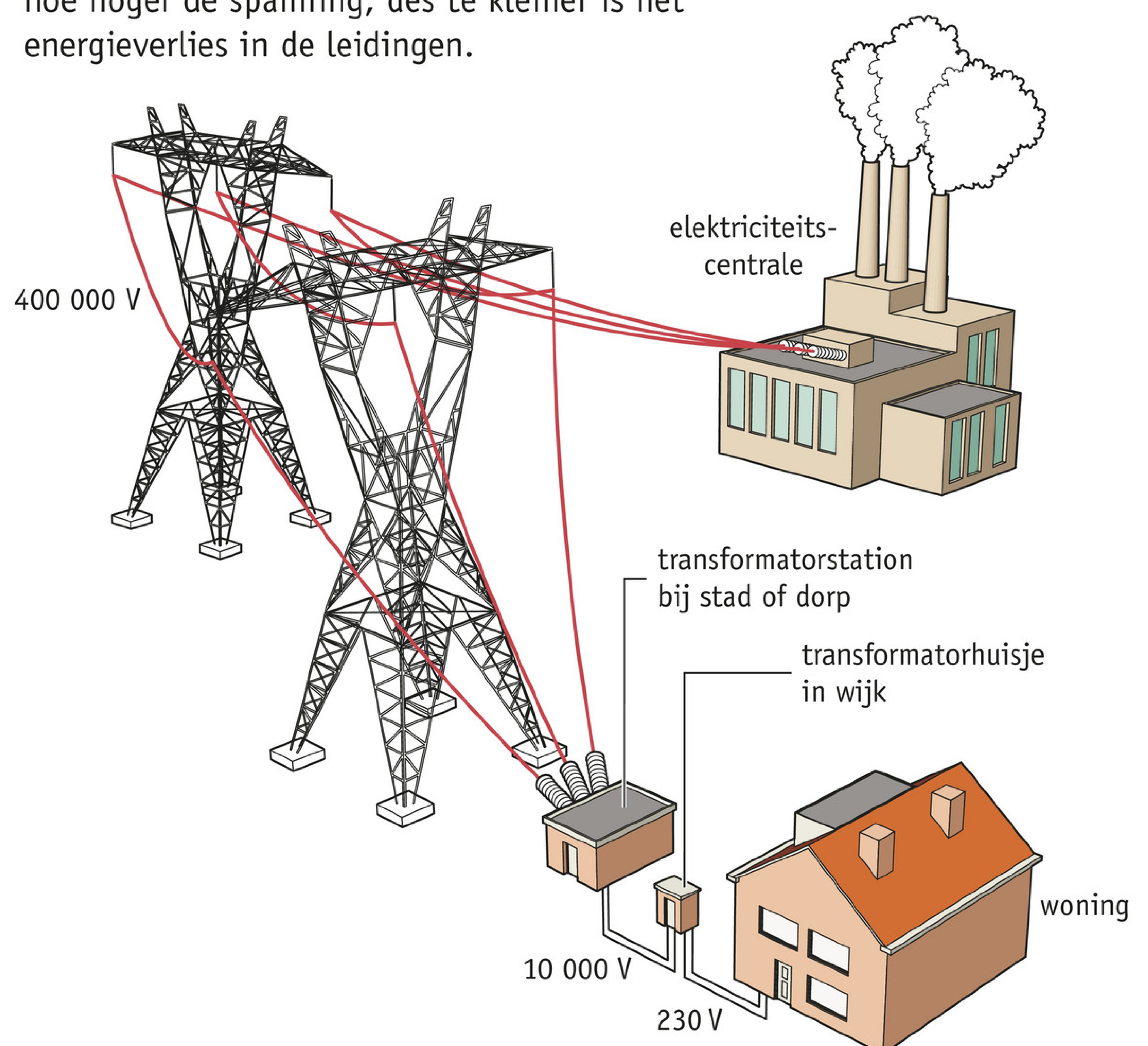
Een lasser werkt met heel grote stroomsterktes. Daardoor ontstaat zo veel warmte dat het metaal begint te smelten. Zonder een transformator zou het niet lukken om het lasapparaat zo'n grote stroom te laten produceren.

Het elektriciteitsnet

De elektrische energie die je thuis verbruikt komt uit een elektriciteitscentrale. Daar staan grote dynamo's, **generatoren** genoemd (afbeelding 19). De generatoren leveren een wisselspanning van 10 000 à 20 000 V.

Wisselspanning heeft een handige eigenschap: je kunt haar gemakkelijk omzetten in een hogere of een lagere spanning. Je zegt dan dat de wisselspanning omhoog of omlaag wordt **getransformeerd**. Het apparaat dat de spanning transformeert, heet een **transformator**.

De spanning van de generatoren wordt bij de centrale omhoog getransformeerd tot een **hoogspanning** van maximaal 400 000 V (afbeelding 20). De elektrische energie kan dan met het minste energieverlies worden vervoerd: hoe hoger de spanning, des te kleiner is het energieverlies in de leidingen.



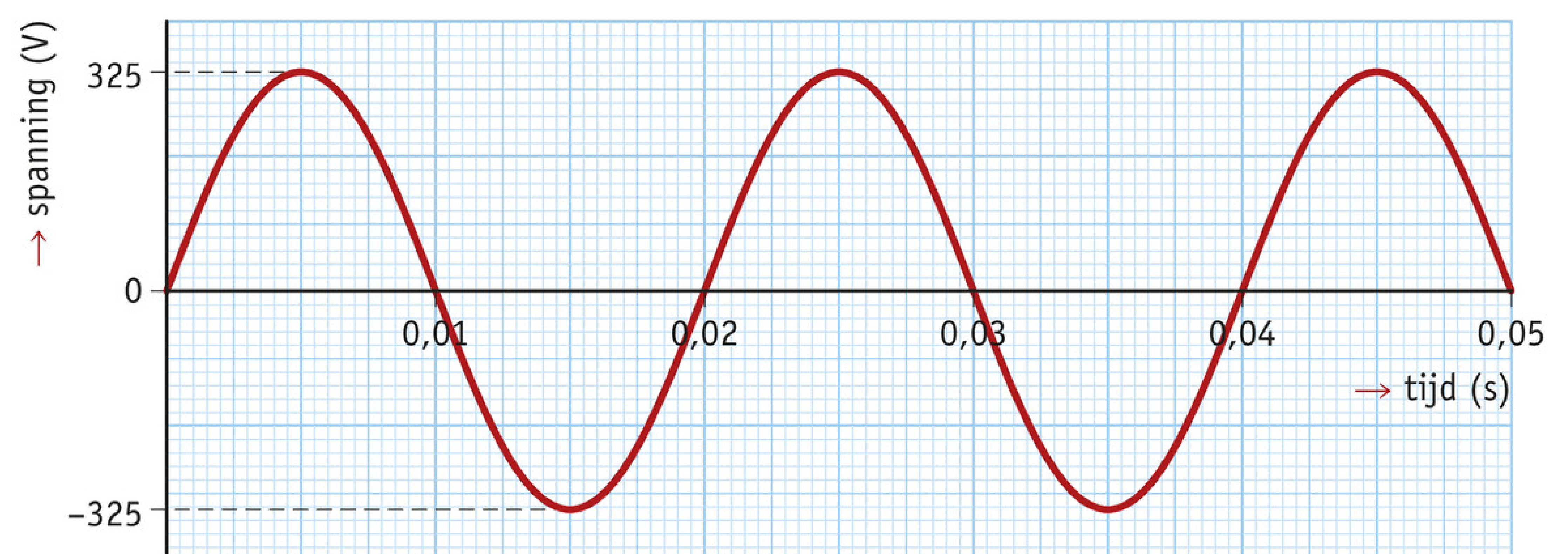
▶ **afbeelding 20**
Zo wordt de elektrische energie bij je thuis gebracht.

Bovengrondse hoogspanningsleidingen vervoeren de elektrische energie naar verschillende verdeelstations. In die stations wordt de spanning weer naar beneden getransformeerd tot 10 000 V. Daarna vervoeren ondergrondse kabels de elektrische energie naar woonwijken en industrieterreinen.

In elke woonwijk staan één of meer transformatorhuisjes. In zo'n huisje wordt de spanning nog verder naar beneden getransformeerd: nu naar 230 V. Daarna wordt de elektrische energie pas naar de woningen getransporteerd.

Transformatoren in huis

Het lichtnet levert een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz. De spanning verandert 50× per seconde van 325 V via 0 V naar −325 V en weer omhoog naar 325 V (afbeelding 21).



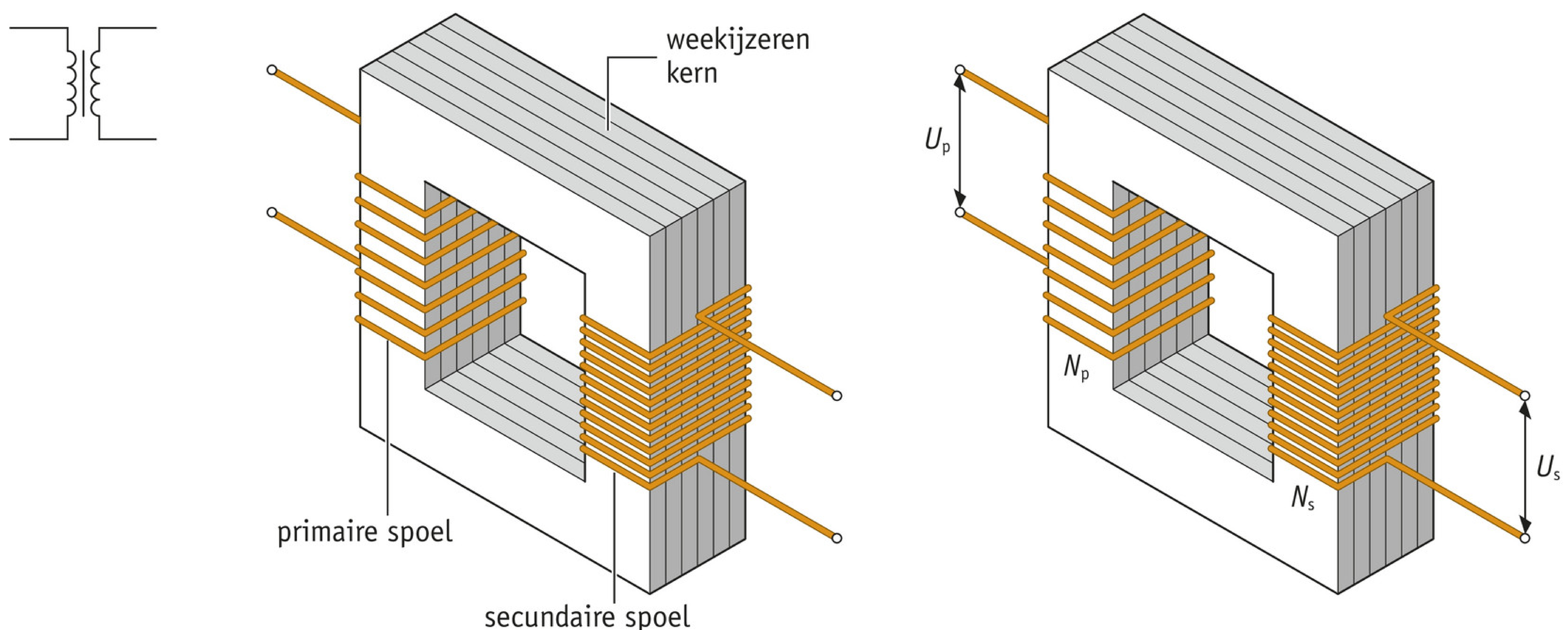
▶ **afbeelding 21**
een wisselspanning van 50 Hz

Een spanning van 230 V is voor allerlei toepassingen nog te hoog. Daarom vind je in huis verschillende transformatoren die de spanning verder omlaag brengen.

De werking van een transformator

▼ **afbeelding 22**
Zo zit een transformator in elkaar; links het schakelsymbool.

In afbeelding 22 zie je een eenvoudige transformator. De transformator bestaat uit een **primaire spoel** en een **secundaire spoel** die om een weekijzeren kern zijn bevestigd.

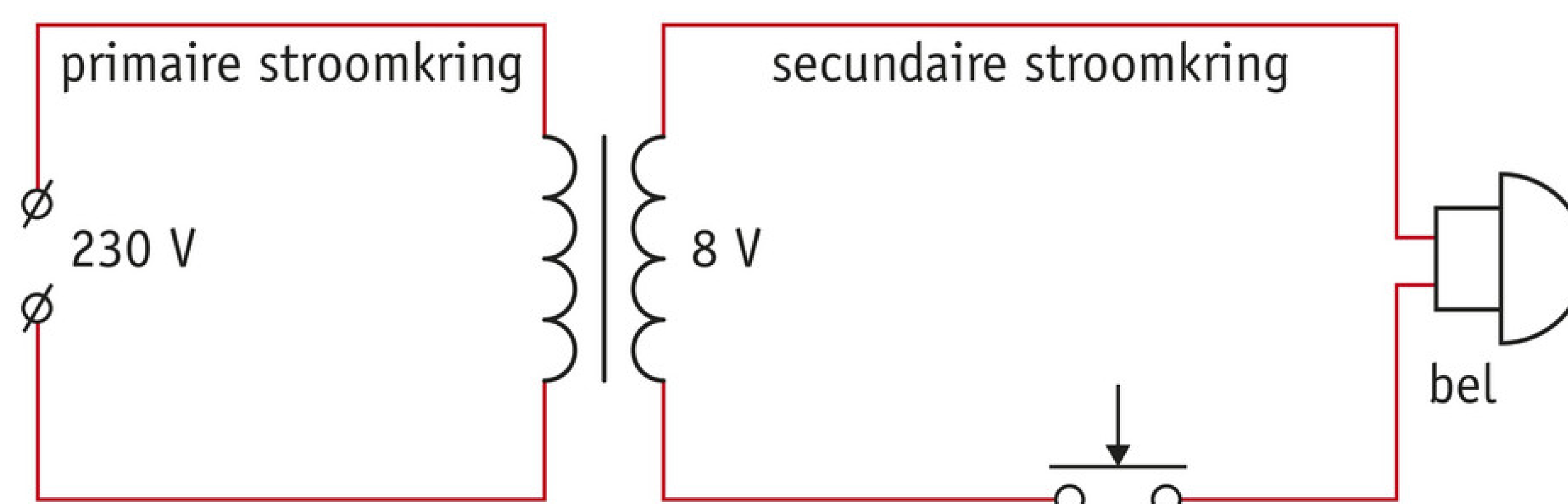


1 De primaire spoel wordt aangesloten op een wisselspanning. Er loopt dan een wisselstroom door de spoel. Die wordt daardoor een elektromagneet. De stroom verandert steeds van grootte en richting. Daardoor verandert het opgewekte magneetveld ook steeds.
2 Op die manier wordt de weekijzeren kern gemagnetiseerd. De magnetisering verandert mee met het magneetveld van de primaire spoel.
3 Het gevolg is dat er ook in de secundaire spoel een veranderend magneetveld ontstaat. Dit magneetveld wekt een wisselspanning op tussen de uiteinden van de secundaire spoel.

De elektrische energie die de primaire spoel opneemt, wordt door de secundaire spoel dus weer afgegeven. Toch loopt er geen stroom van de primaire naar de secundaire spoel. De energie wordt vervoerd door het magneetveld; daar komt geen elektriciteit aan te pas. Je zegt daarom dat de spoelen magnetisch aan elkaar zijn gekoppeld.

Transformatoren en veiligheid

Transformatoren worden vaak gebruikt als veiligheidstransformator. De beltransformator in figuur 23 is een goed voorbeeld: hij zet de netspanning van 230 V om in een veilige spanning van 8 V. De twee stroomkringen zijn elektrisch helemaal van elkaar gescheiden. Wat je ook doet met de secundaire stroomkring, je kunt nooit in aanraking komen met 230 V.



▶ **afbeelding 23**
een deurbelschakeling

De spanning waar je de primaire spoel op aansluit, noem je de **primaire spanning** of U_p. De spanning die de secundaire spoel levert, noem je de **secundaire spanning** of U_s.
Met een transformator kun je een spanning omhoog transformeren (dan is U_s groter dan U_p) of omlaag transformeren (dan is U_s kleiner dan U_p). Een beltransformator transformeert de spanning naar beneden.

Of de spanning hoger of lager wordt, hangt af van het aantal windingen van de beide spoelen. Als de secundaire spoel meer windingen heeft dan de primaire spoel, wordt de spanning omhoog getransformeerd. Als de secundaire spoel minder windingen heeft dan de primaire spoel, wordt de spanning omlaag getransformeerd. Voor een transformator geldt:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

In deze formule is N_p het aantal windingen van de primaire spoel en N_s het aantal windingen van de secundaire spoel. Je ziet:
Als N_s 5× zo groot is als N_p, is U_s ook 5× zo groot als U_p.
Als N_s 5× zo klein is als N_p, is U_s ook 5× zo klein als U_p.
Enzovoort.

Het rendement van een transformator

Transformatoren hebben een hoog rendement. Van de opgenomen elektrische energie wordt maar een klein deel omgezet in warmte. De secundaire spoel geeft bijna evenveel elektrische energie af als de primaire spoel opneemt. Grote transformatoren hebben een rendement dat boven de 99% ligt.

Bij het maken van berekeningen wordt vaak aangenomen dat een transformator een rendement heeft van 100%. Voor zo'n ideale transformator geldt:

door de primaire spoel opgenomen elektrisch vermogen	=	door de secundaire spoel afgegeven elektrisch vermogen

In formulevorm:

$$P_p = P_s$$

of:

$$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$$

Je ziet: als de spanning omhoog wordt getransformeerd, is de stroom in de secundaire spoel lager, en omgekeerd.

Voorbeeld
Je sluit een lasapparaat aan op een stopcontact. De secundaire spanning is 48 V.
Door de primaire spoel kan maximaal 16 A lopen (anders slaat de stop door).
Bereken hoe groot de secundaire stroom op zijn hoogst kan worden.

Gegevens primaire spoel
$U_p = 230$ V
$I_p = 16$A

Gegevens secundaire spoel
$U_s = 48$ V
$I_s = ...$

$P_p = U_p \cdot I_p$
$P_p = 230 \times 16$
$= 3680$ W

$P_s = Us \cdot I_s$
$P_s = 48 \times I_s$

Voor een ideale transformator geldt:
$P_p = P_s$
$3680 = 48 \times I_s$

$$I_s = \frac{3680}{48} \approx 77 \text{ A}$$

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De adapter

Om een mobieltje op te laden, heb je een adapter nodig. Zo'n adapter is een transformator die netjes is opgeborgen in een plastic omhulsel. Je sluit de adapter met een snoer aan op het stopcontact. De adapter levert dan een veilige spanning van bijvoorbeeld 8 of 12 V.

Voor het opladen van een mobieltje of een mp3-speler is een gelijkspanning nodig. De adapters voor deze apparaten bevatten daarom behalve een transformator ook een gelijkrichter. Dat is een speciale schakeling die van een wisselspanning een gelijkspanning maakt.

Adapters zijn niet geschikt om grote stroomsterktes te leveren. Dan zouden ze te heet worden. Het vermogen dat ze kunnen leveren, is dus beperkt.

Voorbeeld
Bereken het maximale vermogen dat de adapter in afbeelding 24 kan leveren.

Voor het geleverde vermogen moet je kijken naar de output:
$U = 5$ V
$I = 2$ A
$P_{el} = U \cdot I$
$= 5 \times 2$
$= 10$ W



◀ **afbeelding 24**
een adapter

5 Elektrische energie gebruiken

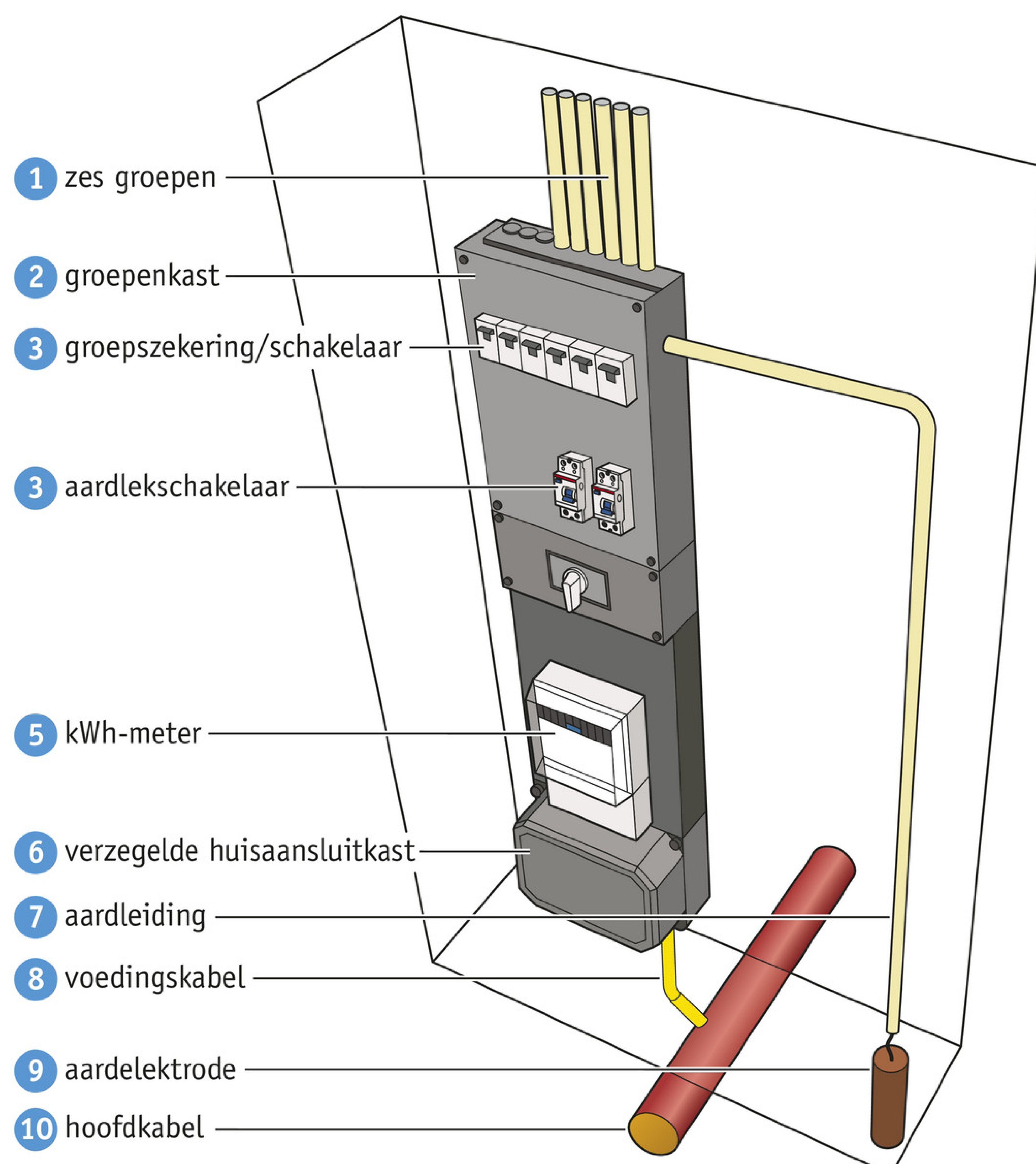
Bij Pim thuis is de aardlekschakelaar doorgeslagen. Dat betekent dat er ergens in de elektrische installatie iets niet in orde is. De aardlekschakelaar schakelt dan de stroom in de hele installatie uit.

De meterkast

Elk woonhuis is door een voedingskabel met het elektriciteitsnet verbonden. De kabel komt het huis binnen door de vloer van de meterkast. In de meterkast zie je verder (zie afbeelding 25 van onder naar boven):

- de voedingskabel, hierdoor komt de elektrische energie het huis in;
- de huisaansluitkast, in dit kastje zit de hoofdzekering van de huisinstallatie;
- de **kilowattuurmeter** (kWh-meter), deze meter houdt bij hoeveel elektrische energie er in het huis wordt verbruikt;
- één of meer aardlekschakelaars;
- de groepenkast, in de groepenkast splitst de leiding zich in verschillende groepen, elk met een eigen zekering en groepsschakelaar.

▶ **afbeelding 25**
Dit vind je allemaal in de meterkast.



Het energieverbruik van een elektrisch apparaat

Het lichtnet levert energie aan de elektrische apparaten in huis. Die apparaten zijn energieomzetters: ze zetten de elektrische energie van het lichtnet om in andere soorten energie: warmte, licht, bewegingsenergie en geluid.

Als eenheid van energie wordt bijna altijd de joule (J) gebruikt. Elektriciteitsbedrijven vormen wat dat betreft een uitzondering. Die gebruiken de kilowattuur (kWh) als eenheid van energie. De meter die het verbruik van elektrische energie bijhoudt, wordt dan ook de kWh-meter genoemd.

Soms is het handig om een hoeveelheid energie om te rekenen van kilowattuur naar joule of omgekeerd. Je moet dan weten dat 1,0 kilowatt-uur gelijk is aan 3,6 megajoule: 1 kWh = 3,6 MJ. Reken zelf maar na: een apparaat van 1000 W (1 kW) dat precies één uur (3600 s) aanstaat, verbruikt:

$$E = P \cdot t = 1\ \text{kW} \cdot 1\ \text{h} = 1\ \text{kWh}$$

$$E = P \cdot t = 1000\ \text{W} \times 3600\ \text{s} = 3{,}60 \cdot 10^6\ \text{J} = 3{,}6\ \text{MJ}$$

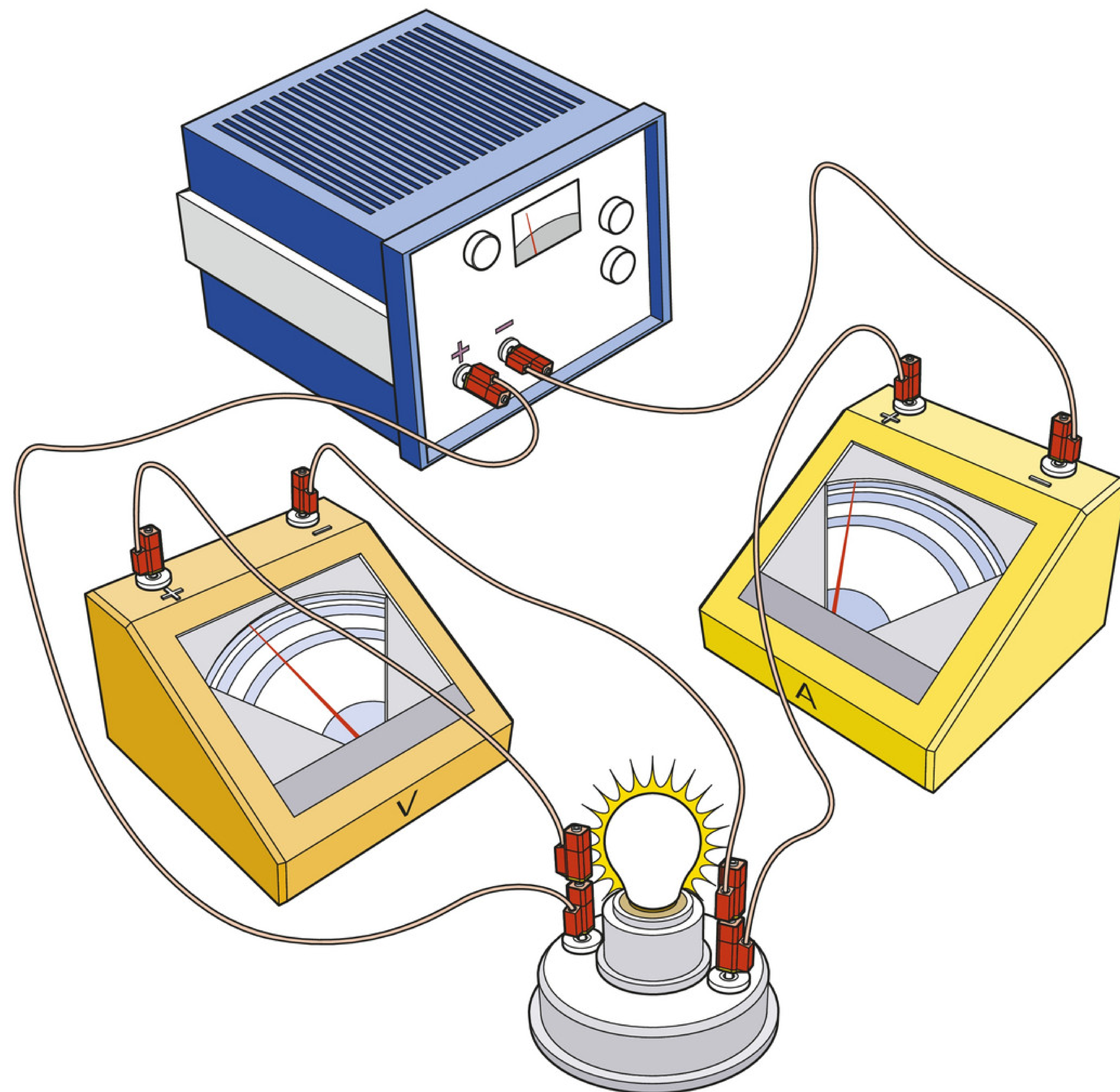
Voorbeeld

Een gemiddeld Nederlands gezin verbruikt per jaar zo'n 3000 ($3{,}0 \cdot 10^3$) kWh aan elektrische energie.
Reken dit energieverbruik om in joule.

$1\ \text{kWh} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}$
$3{,}0 \cdot 10^3\ \text{kWh} = 3{,}0 \cdot 10^3 \times 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J} \approx 11 \cdot 10^9\ \text{J}$ (11 GJ)

Het opgenomen vermogen

Op veel elektrische apparaten is een typeplaatje aangebracht. Op dat typeplaatje kun je zien hoe groot het **opgenomen vermogen** van het apparaat is. Je weet dan hoeveel elektrische energie het apparaat per seconde opneemt. Een apparaat van 200 W neemt bijvoorbeeld elke seconde 200 J elektrische energie op.



▶ **afbeelding 26**
Zo kun je het vermogen van een lampje bepalen.

Met de opstelling van afbeelding 26 kun je het vermogen van een elektrisch apparaat bepalen. Op de spanningsmeter kun je zien of het apparaat op de juiste spanning is aangesloten. Op de stroommeter kun je aflezen hoe groot de stroomsterkte door het apparaat is. Vervolgens kun je het opgenomen vermogen berekenen met $P = U \cdot I$.

Elektriciteit en veiligheid

Het gebruik van elektrische energie brengt twee gevaren met zich mee. Als draden te veel stroom moeten verwerken, kunnen ze zo heet worden dat er brand ontstaat. Als mensen en dieren iets aanraken waar een hoge spanning op staat, krijgen ze een **schok**.

Om veilig gebruik te kunnen maken van elektrische energie, moet je dus voorkomen:
– dat de stroomsterkte door apparaten en leidingen te groot wordt;
– dat je onderdelen kunt aanraken waar een hoge spanning op staat.

Alle leidingen en elektrische apparaten in huis zijn daarom geïsoleerd. De isolatie voorkomt dat je een schok krijgt als je de leiding of het apparaat aanraakt.

Als de isolatie van een apparaat kapotgaat, kan er in het apparaat **kortsluiting** ontstaan. De stroom neemt dan een gemakkelijke weg, waardoor de stroomsterkte veel te groot wordt. De stroomsterkte kan ook te groot worden door **overbelasting**: er staan dan te veel apparaten tegelijk aan.

Voorbeeld
Lees de informatie in afbeelding 27.
Bereken hoe groot de stroomsterkte door de stekker op zijn hoogst mag worden.

$P_{el} = 2200$ W
$U = 230$ V

$P_{el} = U \cdot I$
$2200 = 230 \times I$

$$I = \frac{2200}{230} \approx 9{,}6 \text{ A}$$



▶ **afbeelding 27**
de instructie op de verpakking van een stekker

Veiligheidsmaatregelen
De huisinstallatie is op verschillende manier beveiligd: met zekeringen, met een aardlekschakelaar en met aardleidingen.

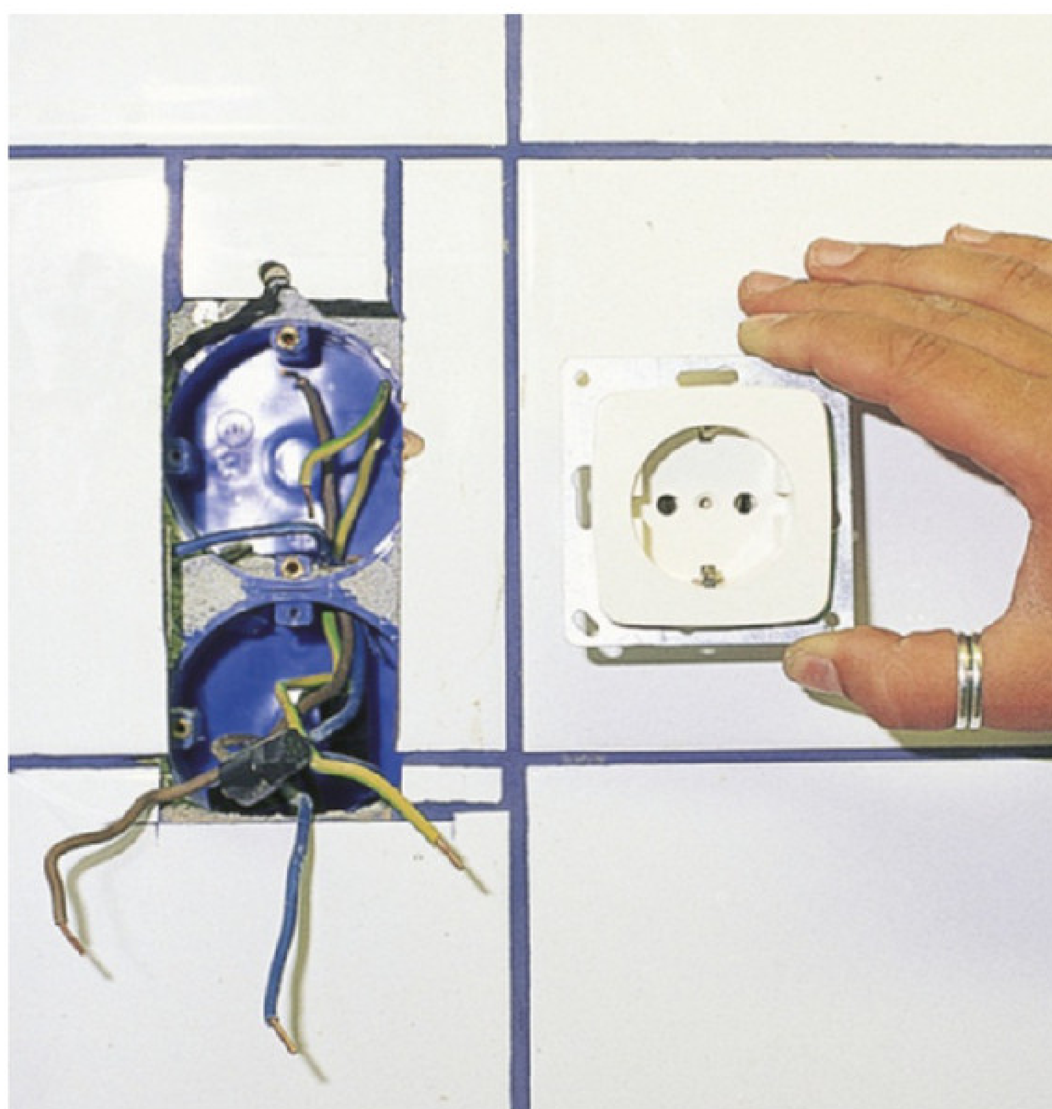
Zekeringen
De **groepszekeringen** in de meterkast schakelen de stroom uit als die boven een bepaalde waarde komt. Er zijn zekeringen van 10 A en van 16 A. Welke zekering je nodig hebt, hangt af van de stroomsterkte die de groep maximaal aankan.

In veel oudere huizen vind je nog smeltzekeringen. Daarin zit een dunne draad die bij een bepaalde stroomsterkte doorsmelt en zo de stroomkring verbreekt. De zekeringen in auto's en boten zijn ook smeltzekeringen.

Aardlekschakelaar

Een **aardlekschakelaar** controleert of er ergens in huis stroom 'weglekt', bijvoorbeeld doordat de isolatie van een apparaat kapotgegaan is. In dat geval bestaat er een verschil tussen de stroom die het huis binnenkomt en de stroom die het huis verlaat. Als het verschil groter is dan 30 mA, schakelt de aardlekschakelaar binnen 0,2 s de stroom uit.

Randaarde



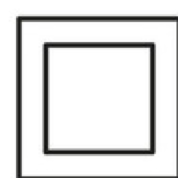
▲ **afbeelding 28**
Bij het monteren van een geaard stopcontact moet je drie draden aansluiten.

Sommige apparaten hebben een metalen buitenkant die onder spanning kan komen te staan. Daarom wordt de metalen buitenkant van zo'n apparaat geaard met een groengele **aarddraad**. De aarddraad loopt van de metalen buitenkant via het snoer naar de rand van het stopcontact (vandaar de naam randaarde). Van de rand van het stopcontact loopt de aarddraad verder naar de **aardrail** in de meterkast.

De aardrail is verbonden met een metalen pin die diep in de bodem is geslagen. Als de metalen buitenkant onder spanning komt te staan, loopt er via de aarddraad een grote stroom naar de aarde. Deze grote 'lekstroom' zorgt ervoor dat de aardlekschakelaar de spanning meteen uitschakelt. In oude installaties zonder aardlekschakelaar slaat de groepszekering dan door.

Dubbele isolatie

Elektriciteitsdraden worden altijd geïsoleerd met een laagje kunststof. Dit voorkomt dat je een schok krijgt of kortsluiting maakt. Sommige apparaten worden zelfs **dubbel geïsoleerd**. Bij deze apparaten is niet alleen de draad geïsoleerd, maar zit er om de draad nog een extra isolatie. Meestal is dat de kunststof buitenkant van het apparaat. Deze apparaten zijn te herkennen aan het symbool dat op het apparaat staat (afbeelding 29).



▲ **afbeelding 29**
het symbool voor dubbele isolatie

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Slimme meters en thermostaten

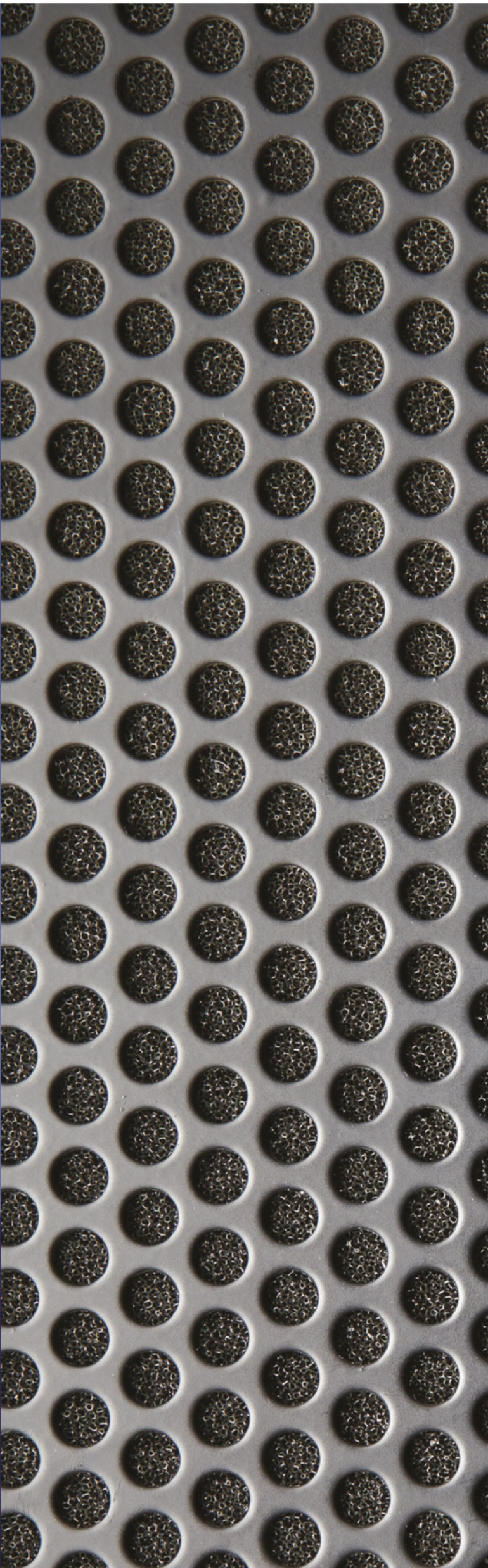
De slimme meter is een digitale energiemeter, die de meterstanden automatisch aan de energieleverancier kan doorgeven. Sinds 2015 wordt de slimme meter bij iedereen in Nederland geïnstalleerd. In 2021 moeten alle huishoudens en bedrijven een slimme meter hebben. De meter kan op afstand worden uitgelezen. Gebruikers hoeven dus niet meer zelf de meterstand op te nemen en door te geven. Iedere twee maanden krijgen de bezitters van een slimme meter een overzicht van hun energieverbruik.

Een centrale verwarming wordt bediend met een thermostaat. Deze zorgt ervoor dat de cv-ketel het huis verwarmt op een vooraf ingestelde temperatuur. Op veel thermostaten kun je temperaturen programmeren voor verschillende momenten van de dag. De energiebedrijven hebben ook slimme thermostaten ontwikkeld. Daarmee kun je de verwarming op afstand bedienen met je telefoon of tablet. Ook kun je het energieverbruik vergelijken met buren, vrienden of familie. Sommige thermostaten hebben een bewegingssensor, die de verwarming uit kan zetten als er niemand in de kamer is.



▶ **afbeelding 30**
een slimme thermostaat



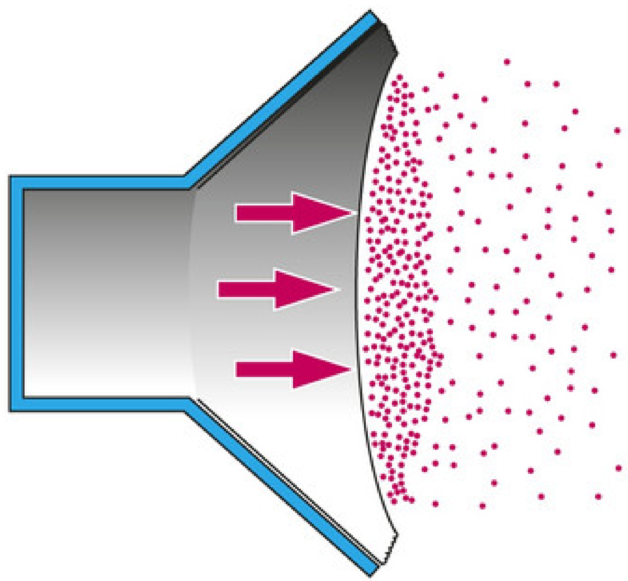


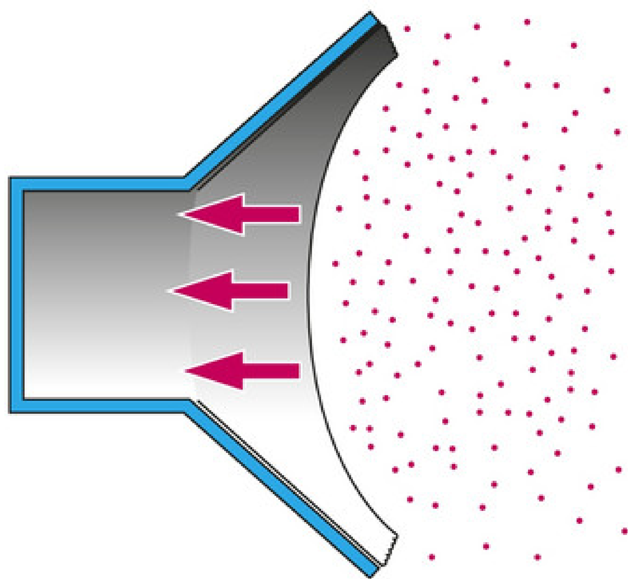
5 Geluid

Werken met geluid

Er zijn allerlei beroepen waarin je werkt met geluid. Een muzikant maakt geluid, een geluidstechnicus regelt geluid en een politieagent controleert of het geluid van een scooter niet te hard is.

1 Geluid maken en ontvangen





▲ **afbeelding 1**
De lucht wordt afwisselend samengeperst en 'verdund'.

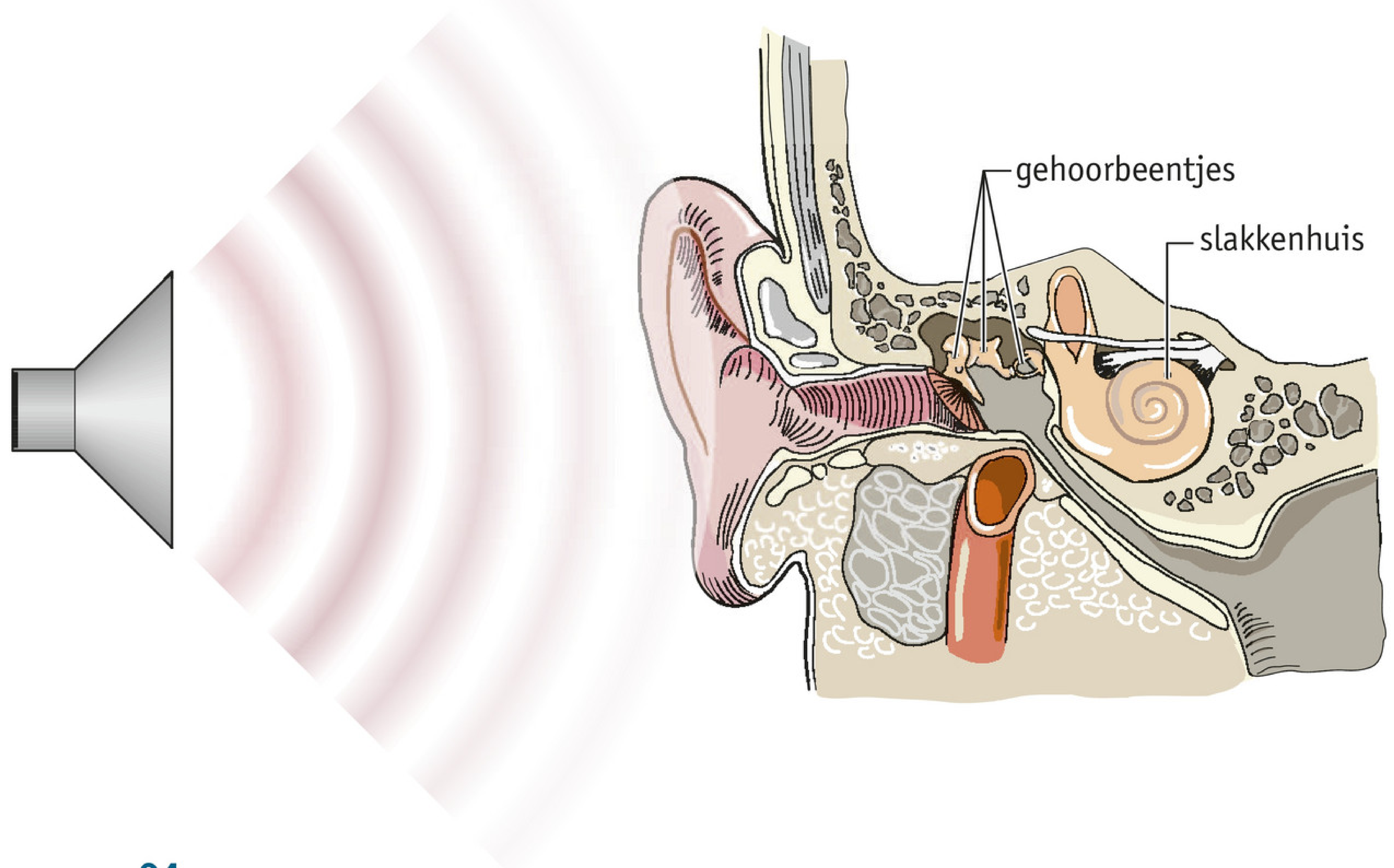
Mensen die blind zijn, maken soms een klikgeluid met hun tong om de omgeving te 'zien'. De echo vertelt hun waar zich een obstakel bevindt.

Van de geluidsbron naar je oren

Geluid wordt gemaakt door een **geluidsbron**. De stembanden in je keel, de snaren van een gitaar, de conus van een luidspreker, de motor van een scooter: het zijn allemaal geluidsbronnen. Als de geluidsbron trilt, wordt de omringende stof in beweging gebracht; meestal is dat lucht. Je hoort een geluid pas als de trillingen je oor bereiken.

Aan de voorkant van een luidspreker zit een dun rond vel, de **conus** (afbeelding 1).De conus beweegt afwisselend naar binnen en naar buiten. Als hij naar buiten beweegt, wordt de lucht voor de luidspreker iets samengeperst. Daardoor stijgt de luchtdruk. Als de conus naar binnen beweegt, zet de lucht weer iets uit. Daardoor daalt de luchtdruk. Deze **drukveranderingen** bewegen in kringen bij de luidspreker vandaan (afbeelding 2). Zo verspreidt het geluid zich.

Zodra het geluid je oren bereikt, beginnen je trommelvliezen ook te trillen. Als de druk stijgt, bewegen ze naar binnen; als de druk daalt, bewegen ze weer naar buiten. De gehoorbeentjes in je oren brengen deze beweging over op het slakkenhuis. In het slakkenhuis wordt de trilling 'vertaald' in een elektrisch signaal. De gehoorzenuwen leiden dit signaal naar je hersenen. Pas als die het signaal verwerken, hoor je het geluid.



▶ **afbeelding 2**
Zo verspreidt het geluid zich.

Geluidssnelheid

Het geluid dat je hoort, komt meestal via de lucht bij je oren terecht. Maar geluid kan zich ook door andere stoffen verplaatsen. Alle gassen, vloeistoffen en vaste stoffen kunnen geluid overbrengen. Anders gezegd: ze kunnen allemaal dienen als **tussenstof**.

De snelheid waarmee geluid door een tussenstof beweegt, noem je de **geluidssnelheid**. Je kunt het hebben over de geluidssnelheid in lucht, in water, in staal, enzovoort. De grootte van de geluidssnelheid verschilt sterk van stof tot stof. De geluidssnelheid wordt ook beïnvloed door de temperatuur (zie tabel 1).

De afstand die het geluid aflegt, kun je berekenen met de formule:

$$s = v_{geluid} \cdot t$$

In dit geval is v de geluidssnelheid in de stof waardoor het geluid zich verplaatst.

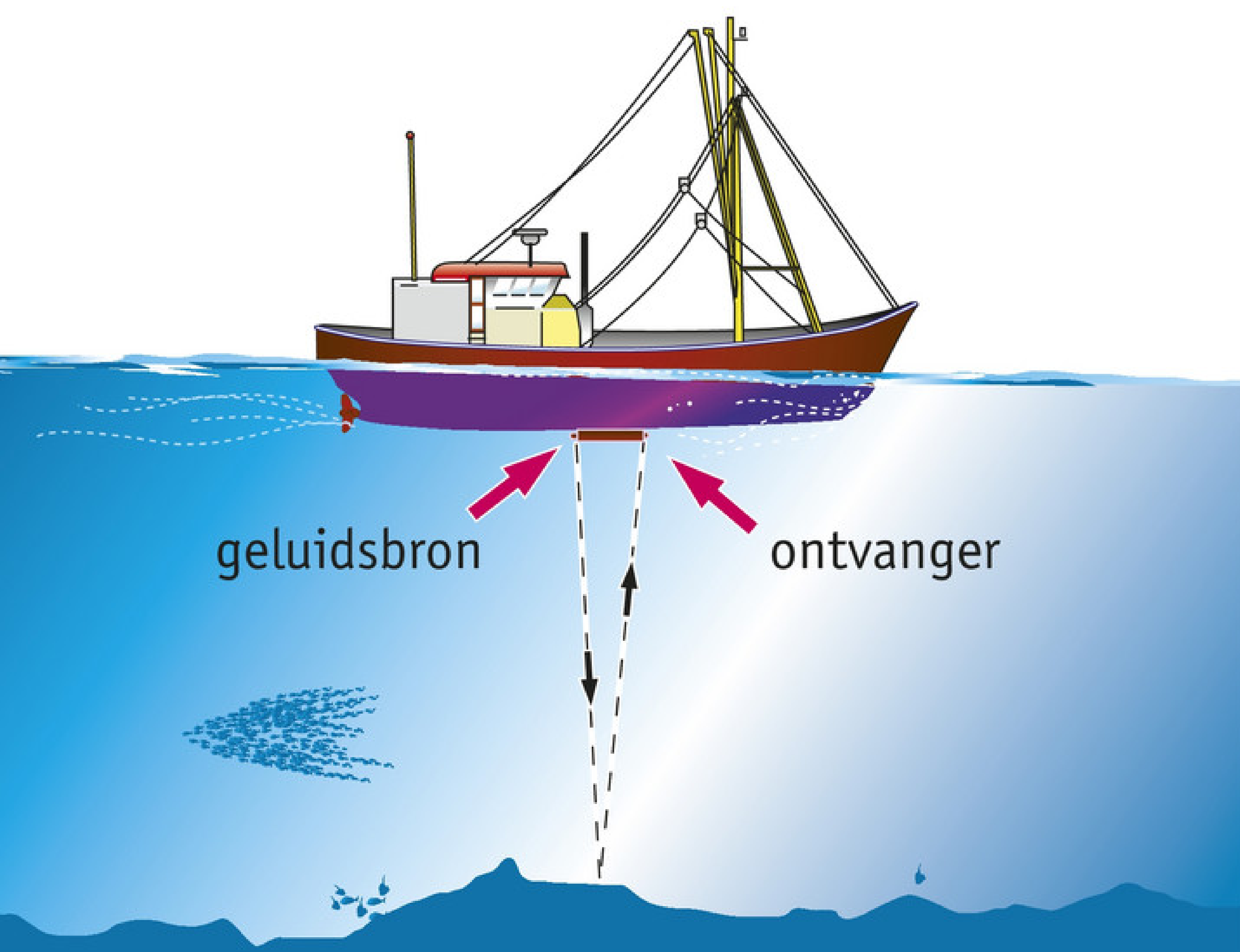
▼ **tabel 1** geluidssnelheid bij 20 °C (tenzij anders aangegeven)

tussenstof gas	v_{geluid} (m/s)	tussenstof vloeistof	v_{geluid} (m/s)	tussenstof vaste stof	v_{geluid} (m/s)
helium	965	alcohol	1170	beton	4300
koolstofdioxide	259	olie	1500	rubber	50
lucht (0 °C)	332	water	1480	ijzer	5100
lucht	343	zeewater	1510	steen	3600

Terugkaatsing van geluid

Geluid kan worden teruggekaatst. Daardoor hoor je een geluid soms twee keer: één keer direct en één keer nadat het is teruggekaatst. Het teruggekaatste geluid noem je de **echo**. Omdat de echo een langere weg moet afleggen dan het directe geluid, hoor je de echo later dan het directe geluid.

Op veel schepen wordt een **echolood** gebruikt om de diepte van de zee te meten. Het echolood zendt onder water kortdurende geluidssignalen (geluidspulsen) uit. De pulsen kaatsen terug van de zeebodem en worden daarna weer door het echolood opgevangen. Tussen het uitzenden en opvangen van het geluid verloopt een korte tijd. Het echolood meet die tijd en berekent daaruit hoe diep de zee is.



▲ **afbeelding 3**
Met een echolood kun je de diepte van de zee bepalen.

Voorbeeld
De diepte van de zee wordt gemeten met een echolood. Tussen het uitzenden en weer opvangen van de puls verloopt 0,320 seconden. Bereken hoe diep de zee is.

$v = 1510$ m/s
$t = 0{,}320$ s

$s = v_{geluid} \cdot t$
$= 1510 \times 0{,}320$
$= 483$ m

Het geluid moet de afstand van het schip naar de bodem twee keer afleggen. Eén keer heen en één keer terug. De diepte van de zee is dus 483 : 2 = 241,5 m ≈ 242 m.

Geluid in de ruimte

Om de aarde heen zit een laag lucht: de atmosfeer. In de ruimte is geen atmosfeer. Er is daar geen tussenstof, dus kan het geluid ook niet via de lucht worden getransporteerd.
De astronauten in het ruimtestation ISS moeten soms buiten het station werken. Ze maken dan een ruimtewandeling in het vacuüm van de ruimte. Om met elkaar te kunnen praten, maken ze gebruik van een microfoon en kleine luidsprekertjes in de helm van hun ruimtepak.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Onweer

Een bliksemflits is een enorme elektrische vonk die van een wolk naar de aarde springt, of van de ene wolk naar de andere. Als de bliksem overspringt, zie je dat bijna meteen. Dat komt doordat de lichtsnelheid zo groot is. Als er een onweer is op 2,5 km afstand, zie je de bliksem binnen 0,01 ms.

Doordat de lucht rond het pad van de bliksem wordt verhit, zet hij sterk uit. In de lucht ontstaat dan een schokgolf, die met de snelheid van het geluid bij de bliksem vandaan beweegt. Als deze schokgolf je oren bereikt, hoor je de donder.

Als de bliksem vlak bij je inslaat, hoor je de donder vrijwel meteen. Maar als het onweer verder weg is, verloopt er een aantal seconden tussen het zien van de bliksem en het horen van de donder.

Voorbeeld

Bereken hoelang de donder doet over een afstand van 2,5 km. De luchttemperatuur is 20 °C.

v = 343 m/s
s = 2,5 km = 2500 m

$$t = \frac{s}{v} = \frac{2500}{343} \approx 7{,}3 \text{ s}$$



▶ **afbeelding 4**
Onweer op 2,5 km afstand: het geluid volgt na 7 seconden.

2 Toonhoogte

Veel dieren maken contact met elkaar door geluiden te maken die mensen niet kunnen horen.

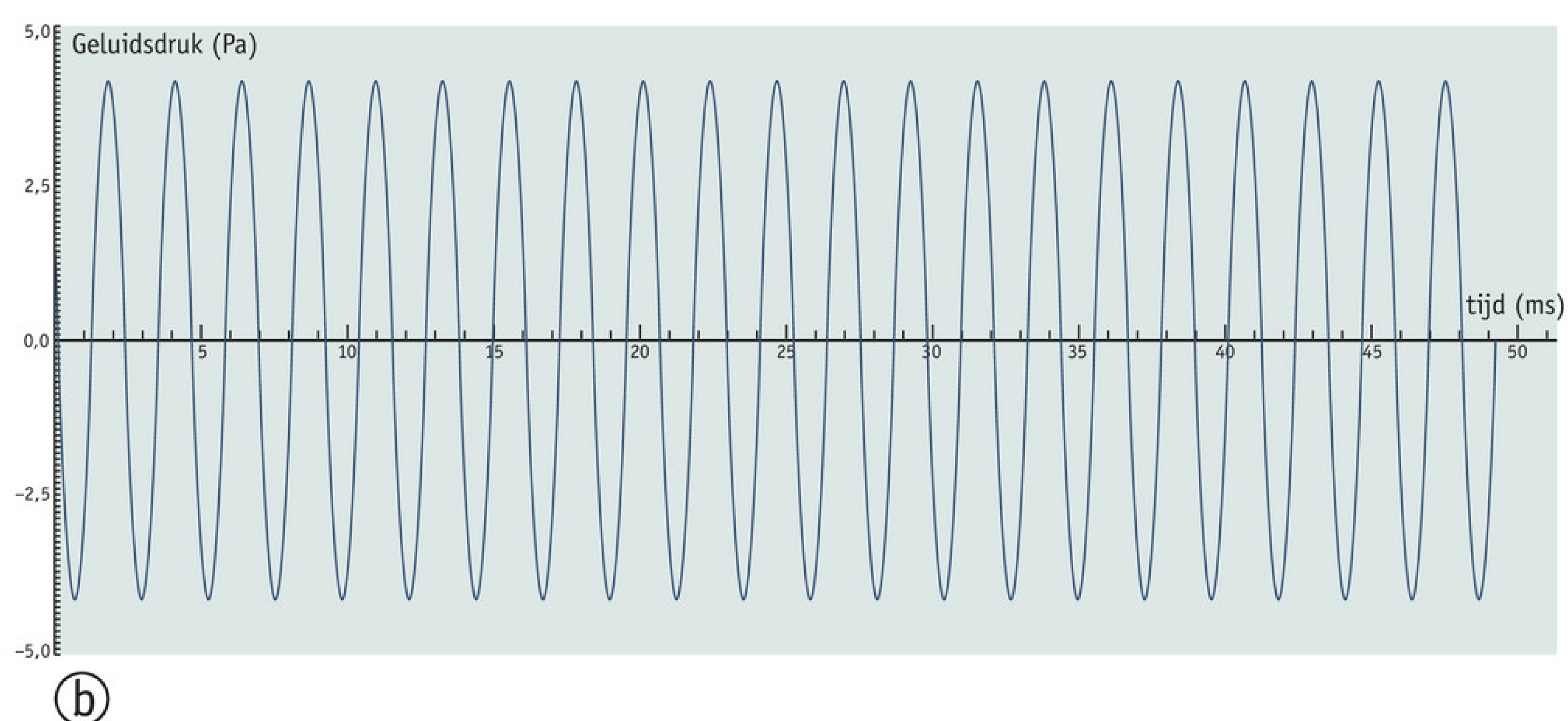
Trillingstijd

Met een **oscilloscoop** kun je het geluid van een stemvork onderzoeken (afbeelding 5). De microfoon zet het geluid om in een elektrisch signaal, dat op het scherm van de oscilloscoop wordt afgebeeld. Zo kun je onderzoeken hoe snel de druk van de lucht verandert.

De tijdbasis van de oscilloscoop is zo ingesteld dat elk hokje één milliseconde ‘breed’ is. Je schrijft dat zo op: 1 ms/div. Je ziet in afbeelding 5b dat er zeven trillingen gaan in zestien hokjes. Voor die zeven trillingen is dus 16 ms nodig. Eén volledige trilling duurt dan 16 : 7 ≈ 2,29 ms (0,00 229 s).

De tijd die nodig is voor één volledige trilling noem je de **trillingstijd**. De stemvork uit afbeelding 5 heeft dus een trillingstijd van 2,29 ms.





▶ **afbeelding 5**
Zo kun je de trillingstijd van een stemvork bepalen.

Frequentie Proef 1

Als je de trillingstijd kent, kun je het aantal trillingen per seconde berekenen. Als de trillingstijd 0,1 seconde is, gaan er tien trillingen in één seconde. Als de trillingstijd 0,01 seconde is, gaan er honderd trillingen in één seconde. Het aantal trillingen in één seconde noem je de **frequentie**. Je kunt de frequentie uitrekenen met de formule:

$$f = \frac{1}{T}$$

Als je de trillingstijd T invult in seconde, vind je de frequentie f in hertz (Hz).

Voorbeeld
Bereken de frequentie van de stemvork in afbeelding 5.

T = 2,29 ms = 0,002 29 s

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}002\ 29} \approx 437 \text{ Hz}$$

Toonhoogte

Hoe hoog een toon klinkt, wordt bepaald door de frequentie (en dus ook door de trillingstijd). Dat kun je nagaan met een **toongenerator** waarop je een luidspreker aansluit. Je hebt dan een elektronische stemvork waarvan je zelf de frequentie kunt instellen.

Als je de frequentie groter maakt, hoor je een hogere toon. Als je de frequentie kleiner maakt, daalt de toonhoogte weer. Onthoud:

Hoe groter de frequentie van een trilling, des te hoger de toon die je hoort.

Met een toongenerator kun je ook onderzoeken welke frequenties voor mensen zijn te horen. Je merkt dan dat het **frequentiebereik** loopt van 20 Hz tot 20 000 Hz. Geluid waarvan de frequentie kleiner is dan 20 Hz of groter is dan 20 000 Hz, kun je niet horen (afbeelding 6).
Naarmate je ouder wordt, wordt het frequentiebereik van je gehoor kleiner (vooral als het gaat om hoge tonen).

Hoogfrequent hondenfluitje

Lichtgewicht hondenfluitje met een hoge frequentie. De toon is te hoog voor mensen en dus absoluut niet storend. Leer uw hond het juiste commando met behulp van deze hondenfluit en zorg ervoor dat u ook op afstand de baas blijft over het gedrag van uw hond.

- Reikwijdte ca. 150 meter
- Vaste toon

Prijs per stuk : **€ 1,50**

1 stuks   In winkelwagen



▶ **afbeelding 6**
Een hond kan hogere tonen horen dan een mens.

Ultrasoon geluid

Geluid met een frequentie boven 20 000 Hz noem je **ultrasoon geluid**.
Verschillende toepassingen van ultrasoon geluid zijn bijvoorbeeld:
– in hondenfluitjes;
– bij het maken van echografieën (echo's) in het ziekenhuis: ultrasoon geluid gaat gemakkelijk door zachte weefsels heen, maar wordt door botten en tumoren teruggekaatst;
– bij het reinigen van juwelen, lenzen, horloges en medische instrumenten: de reinigingsvloeistof wordt met ultrasoon geluid in trilling gebracht.

De toonhoogte bij snaarinstrumenten

Als je muziek maakt, produceer je tonen met een verschillende hoogte. Op een gitaar kun je veertig tot vijftig verschillende tonen maken. Op een piano ligt dit aantal zelfs op 88. Bij beide instrumenten maak je de tonen met behulp van **snaren**.

De toonhoogte van een snaar wordt bepaald door:
– de **spanning** van de snaar;
– de **doorsnede** van de snaar;
– de **lengte** van de snaar.

Als je een gitaar stemt, verander je de spanning van de snaren. Als een snaar te laag klinkt, draai je de snaar strakker aan. Daardoor krijgt de snaar een grotere spanning. Hoe groter de spanning, des te hoger de toon die de snaar maakt.

Een gitaar heeft snaren met een verschillende doorsnede. Een dikke snaar geeft een lage toon, een dunne snaar een hoge toon (als je de snaren aanslaat zonder ze in te drukken).



▶ **afbeelding 7**
Een gitariste maakt de snaren korter door ze in te drukken.

In afbeelding 7 zie je hoe een gitariste een akkoord speelt. Zij drukt daarbij drie snaren in. Omdat nu maar een deel van de snaren kan trillen, zijn de trillende gedeelten van de snaar korter geworden. Hoe korter ze een snaar maakt, des te hoger de toon wordt.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

Vioolbouwer

Violen worden vaak machinaal gemaakt, maar deze vioolbouwer maakt ze met de hand. Veel ervaren violisten vinden dat het instrument daardoor een mooiere klank krijgt. Een vioolbouwer moet veel geduld hebben en hij moet behalve van muziek ook veel verstand hebben van houtbewerking.

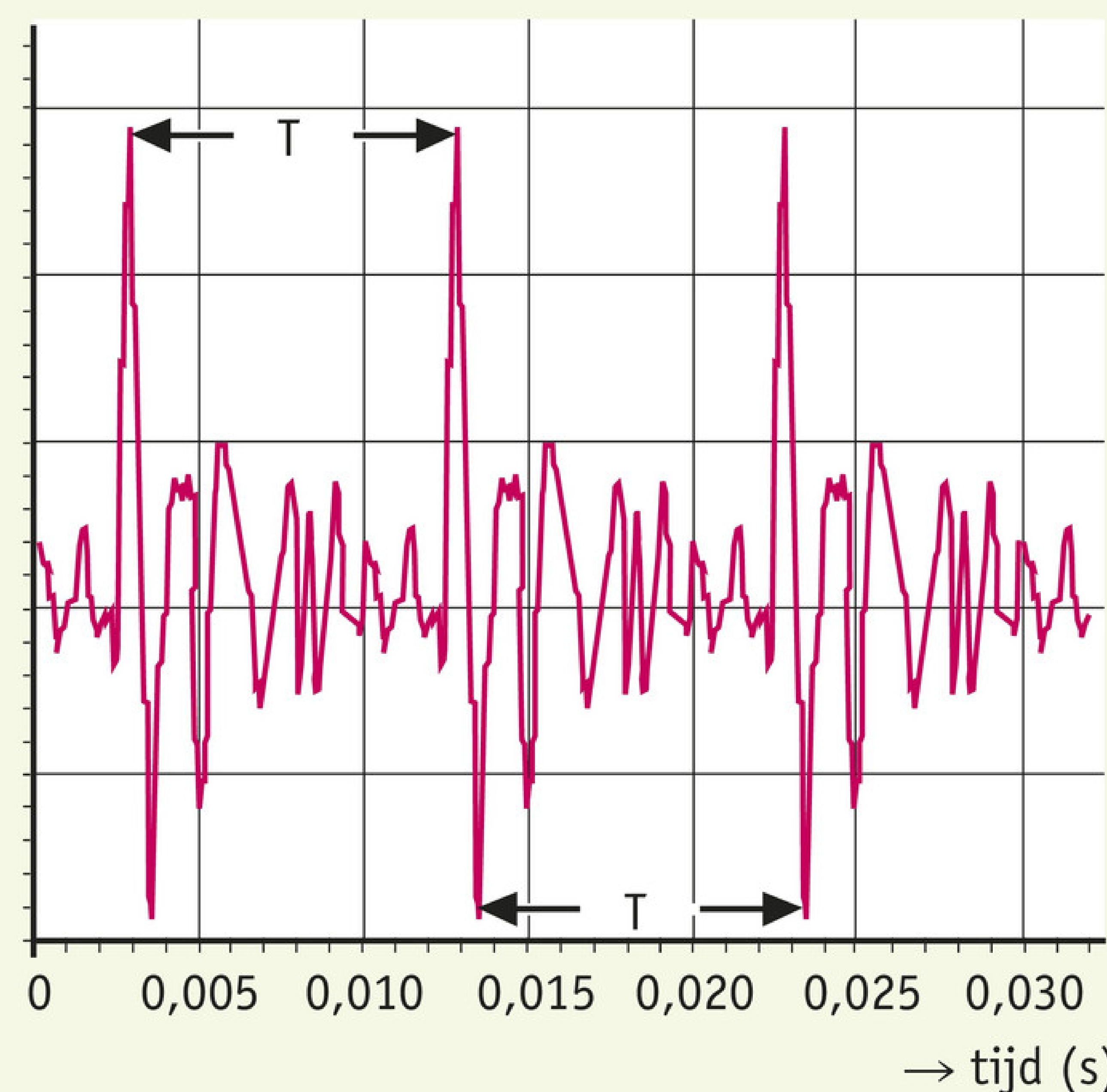
◀ **afbeelding 8**
Een vioolbouwer in zijn werkplaats.

Plus Grondtoon en boventonen

Het geluid van een stemvork ziet er op een oscilloscoop heel eenvoudig uit: een regelmatig op en neer gaande golf. Dat het beeld zo eenvoudig is, komt doordat een stemvork maar één toon produceert. Die toon noem je de grondtoon.

Bijna alle andere geluidsbronnen hebben behalve de grondtoon ook boventonen. Dit zijn tonen die 2, 3, 4 enzovoort × zo hoog zijn als de grondtoon. Het geluid dat je hoort, is een combinatie van de grondtoon met verschillende boventonen.

Het oscilloscoopbeeld laat in zo'n geval een grilliger beeld zien (afbeelding 9). Toch is in dit beeld wel een terugkerend patroon te ontdekken. Je kunt aflezen hoelang zo'n patroon duurt. Die tijd is de trillingstijd van de grondtoon. Als je deze trillingstijd kent, kun je daarna de frequentie van de grondtoon berekenen.



▶ **afbeelding 9**
Zo bepaal je de trillingstijd van een grillig geluidspatroon.

3 Geluidssterkte

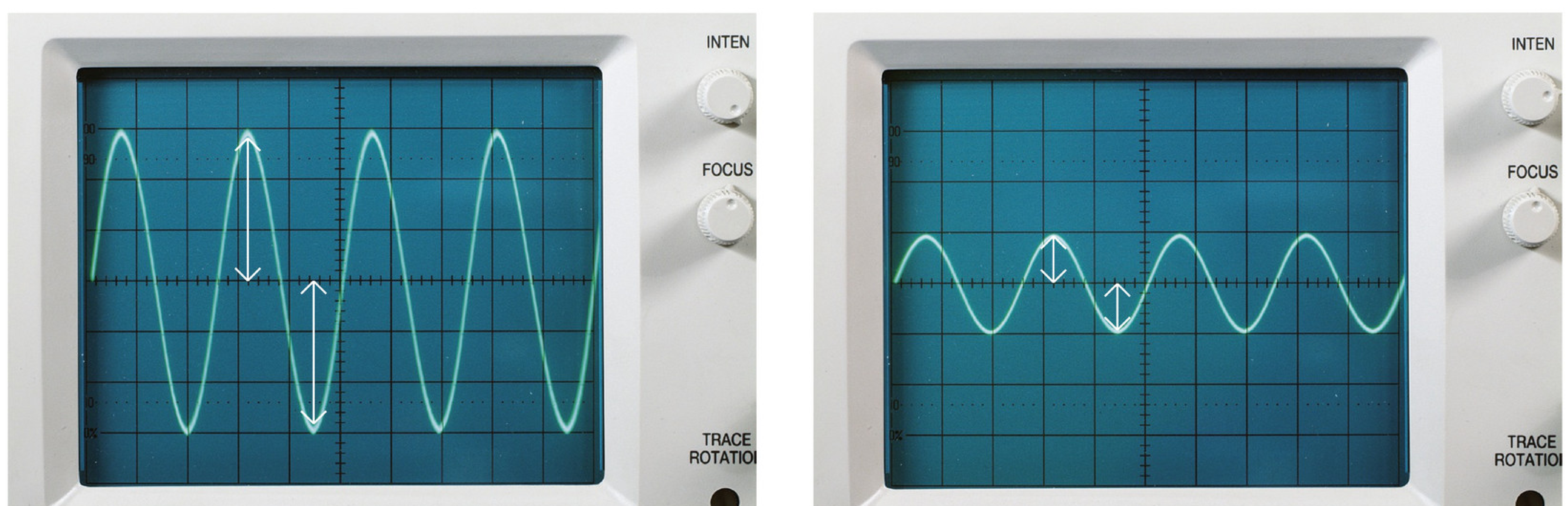
Veel jongeren vinden harde muziek mooi. Te hard geluid doet zeer aan je oren.

Amplitude en geluidssterkte

Als je een stemvork aanslaat, hoor je een toon die langzaam zachter wordt. Het geluid wordt zachter doordat de benen van de stemvork steeds minder ver heen en weer bewegen. Hierdoor worden de drukverschillen in de lucht rond de stemvork ook kleiner.

In afbeelding 10 zie je hoe een oscilloscoop de toon van een stemvork weergeeft. De eerste foto is meteen na het aanslaan van de stemvork gemaakt, de tweede foto enkele seconden later. Je ziet dat de drukverschillen in de lucht intussen duidelijk kleiner zijn geworden.

In afbeelding 10 is met pijlen ook de grootste uitwijking van de golf ingetekend. Je noemt die uitwijking de **amplitude**. Het is niet zo dat een 2× zo grote amplitude ook betekent dat het geluid 2× zo luid is. Je kunt wel zeggen dat een grotere amplitude betekent dat het geluid luider is.

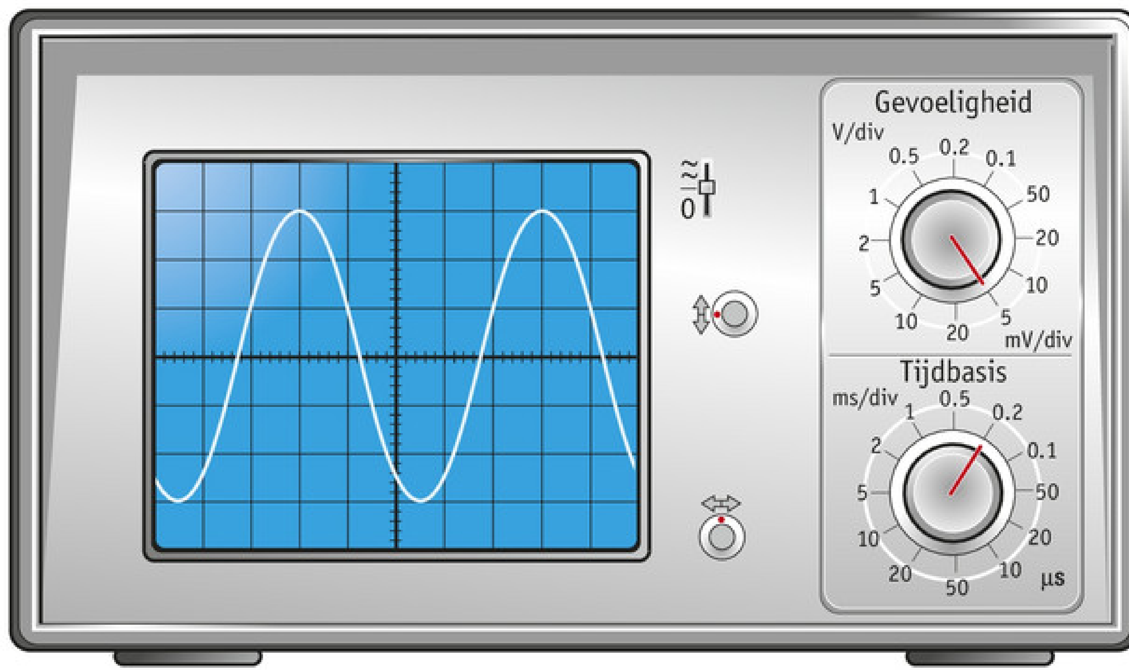


▲ **afbeelding 10** verschillen in geluidssterkte

De amplitude bepalen

Het elektrisch signaal van een microfoon kun je met een oscilloscoop zichtbaar maken. Dat signaal is een spanning die steeds verandert. Je meet die spanning in millivolt. De amplitude is dan de grootste waarde die de spanning bereikt.

Je kunt de amplitude als volgt bepalen:
- Tel het aantal hokjes tussen de 'nullijn' en de grootste uitwijking.
- Kijk op welke gevoeligheid de oscilloscoop is ingesteld (in mV).
- Bereken de amplitude (in mV) door beide gegevens te vermenigvuldigen.



▲ **afbeelding 11**
Hoe groot is de amplitude van deze trilling?

Voorbeeld
Bepaal de amplitude van de trilling in afbeelding 11.

Tussen de nullijn en de grootste uitwijking heb je drie hokjes.
De gevoeligheid is ingesteld op 5 mV/div: 5 mV per hokje.
De amplitude is dus: 3 × 5 mV = 15 mV.

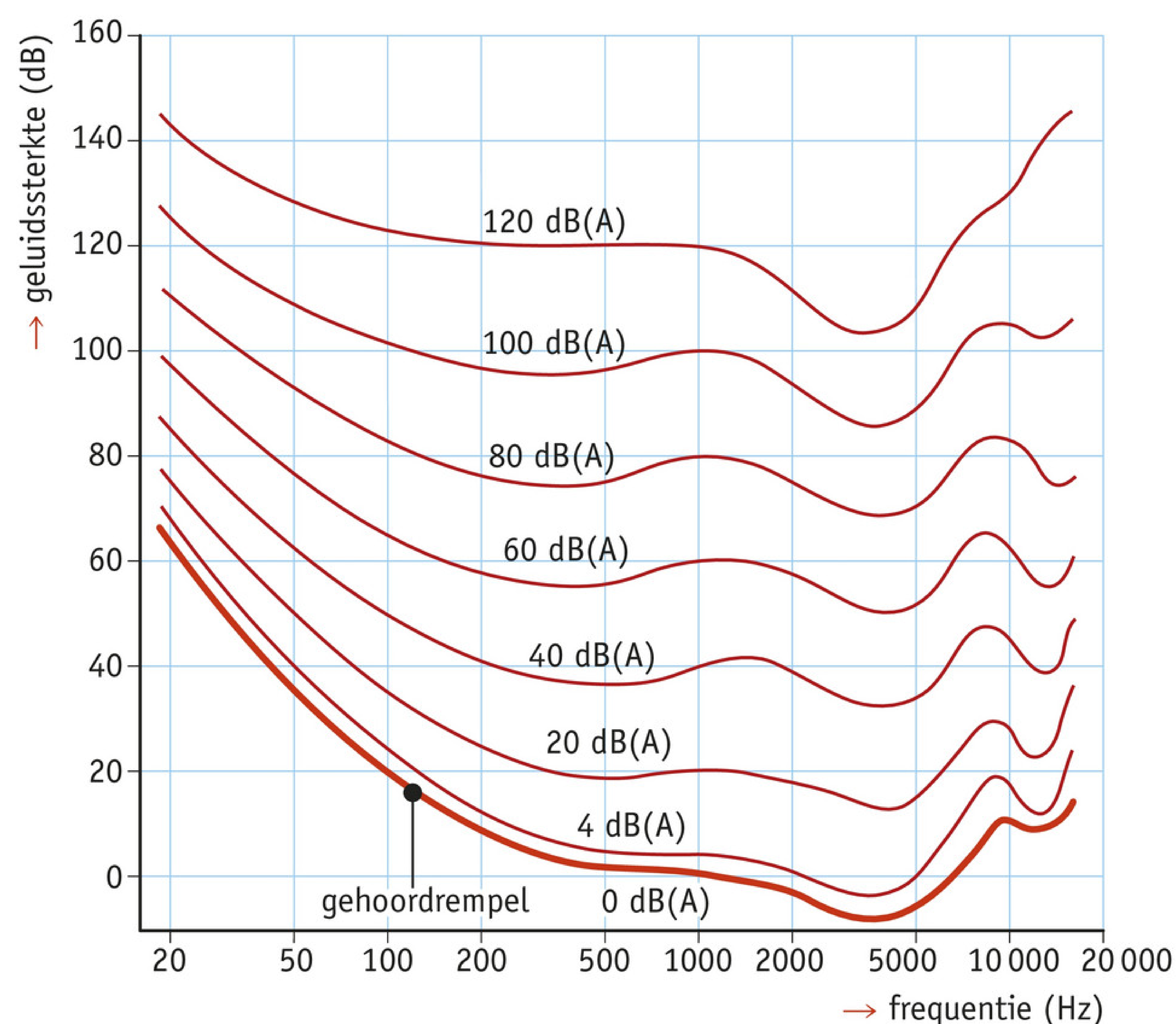
De geluidssterkte meten Proef 2

De eenheid van geluidssterkte is de **decibel** (dB). Je meet de geluidssterkte met een **decibelmeter**. De geluidssterkte in decibel komt niet altijd overeen met de geluidssterkte die je denkt waar te nemen. Je hoort de lage en hoge tonen namelijk niet zo goed als de middentonen. Daardoor lijkt de geluidssterkte minder luid.

Een decibelmeter heeft daarom een filter dat de meter minder gevoelig maakt voor die hoge en lage tonen. Als je dit **A-filter** inschakelt, vind je de geluidssterkte in **dB(A)**. De geluidssterkte in dB(A) geeft aan hoe luid het geluid voor mensen lijkt. Bij metingen van geluidshinder wordt daarom altijd de dB(A)-schaal gebruikt.

Gehoordrempel en pijngrens

In afbeelding 12 zie je wat het verschil is tussen de geluidssterkte in dB en in dB(A). Bij tonen van 1000 Hz verschilt de dB(A)-schaal niet veel van de dB-schaal. Een toon van 1000 Hz en 0 dB heeft ook in de dB(A) schaal een waarde van 0 dB(A). Bij lage en bij heel hoge tonen is de geluidssterkte in dB(A) lager dan de geluidssterkte in dB. Een toon van 50 Hz en 38 dB is op de dB(A) schaal maar 0 dB(A).



▶ **afbeelding 12**
het verband tussen dB en dB(A)

De lijn die overeenkomt met 0 dB(A) noem je de **gehoordrempel**. Boven de gehoordrempel kun je geluiden wel horen, onder de gehoordrempel hoor je geluiden niet. De lijn die overeenkomt met 140 dB(A), heet de **pijngrens**. Boven deze grens doet geluid zeer aan je oren.

Rekenen met decibels

Met de decibelschaal is iets bijzonders aan de hand. Dit merk je als je in een muziekloaal de geluidssterkte gaat meten. Als er één leerling zingt, schommelt de geluidssterkte rond de 55 dB (afbeelding 13). Als er 32 leerlingen zingen, zou je verwachten dat de geluidssterkte 32× zo groot wordt. Maar dat is niet zo: je meet slechts een geluidssterkte van 70 dB.

Als het aantal geluidsbronnen 32× zo groot wordt, heb je 32× zo veel geluidsenergie. Toch wordt de geluidssterkte dus niet 32× zo groot. Hoe groot de geluidssterkte wel wordt, kun je berekenen met de volgende rekenregel:

Als de geluidsenergie verdubbelt, neemt het geluidsniveau toe met 3 dB.

Dus:

1 leerling	55 dB
2 leerlingen	58 dB
4 leerlingen	61 dB
8 leerlingen	64 dB
16 leerlingen	67 dB
32 leerlingen	70 dB

Deze rekenregel geldt alleen voor geluidsbronnen die (ongeveer) evenveel geluid maken, zoals leerlingen die allemaal (ongeveer) even hard zingen.

▼ **afbeelding 13**
het verband tussen geluidsenergie en geluidsniveau









1 leerling: 55 dB



2 leerlingen: 58 dB

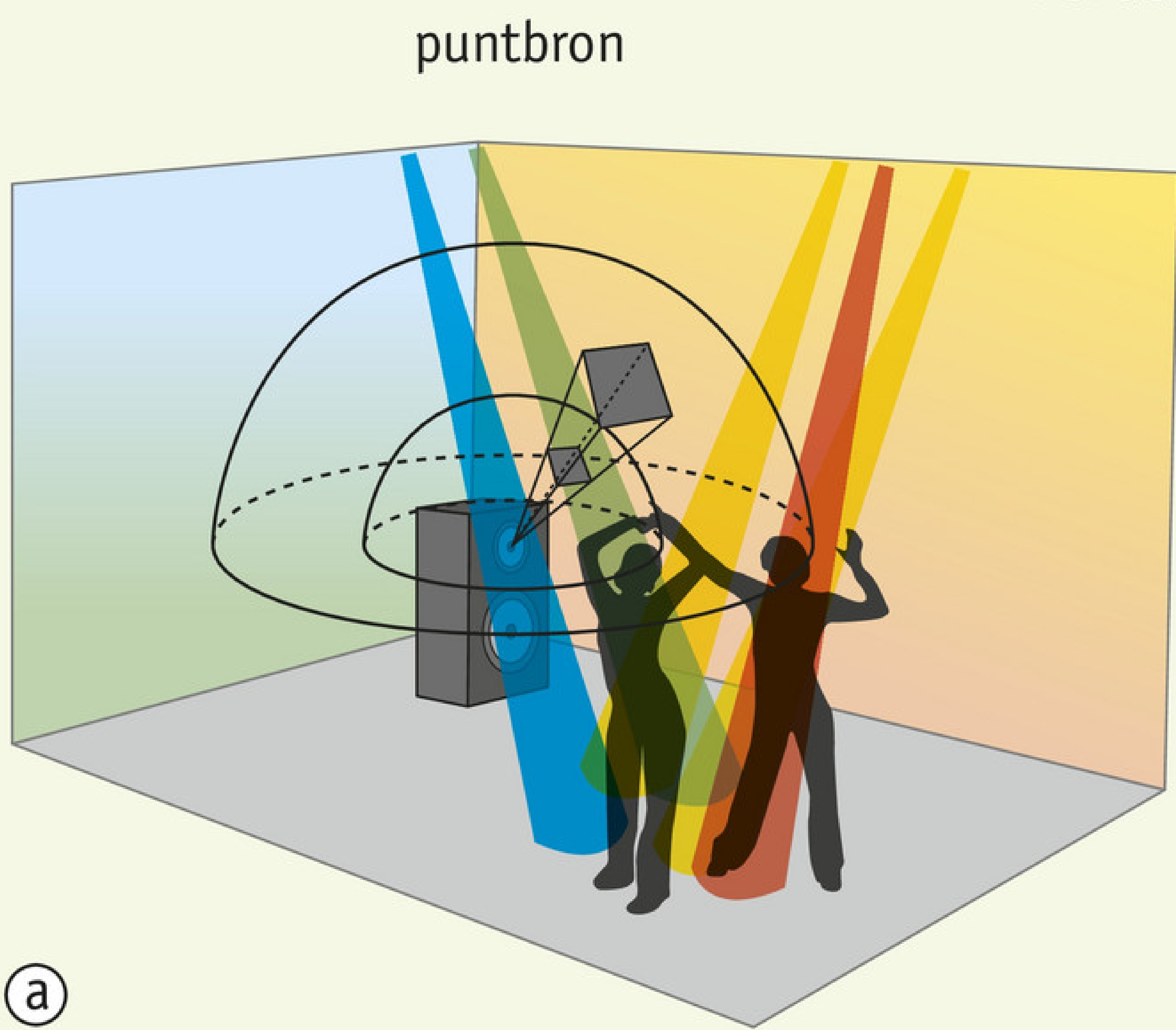


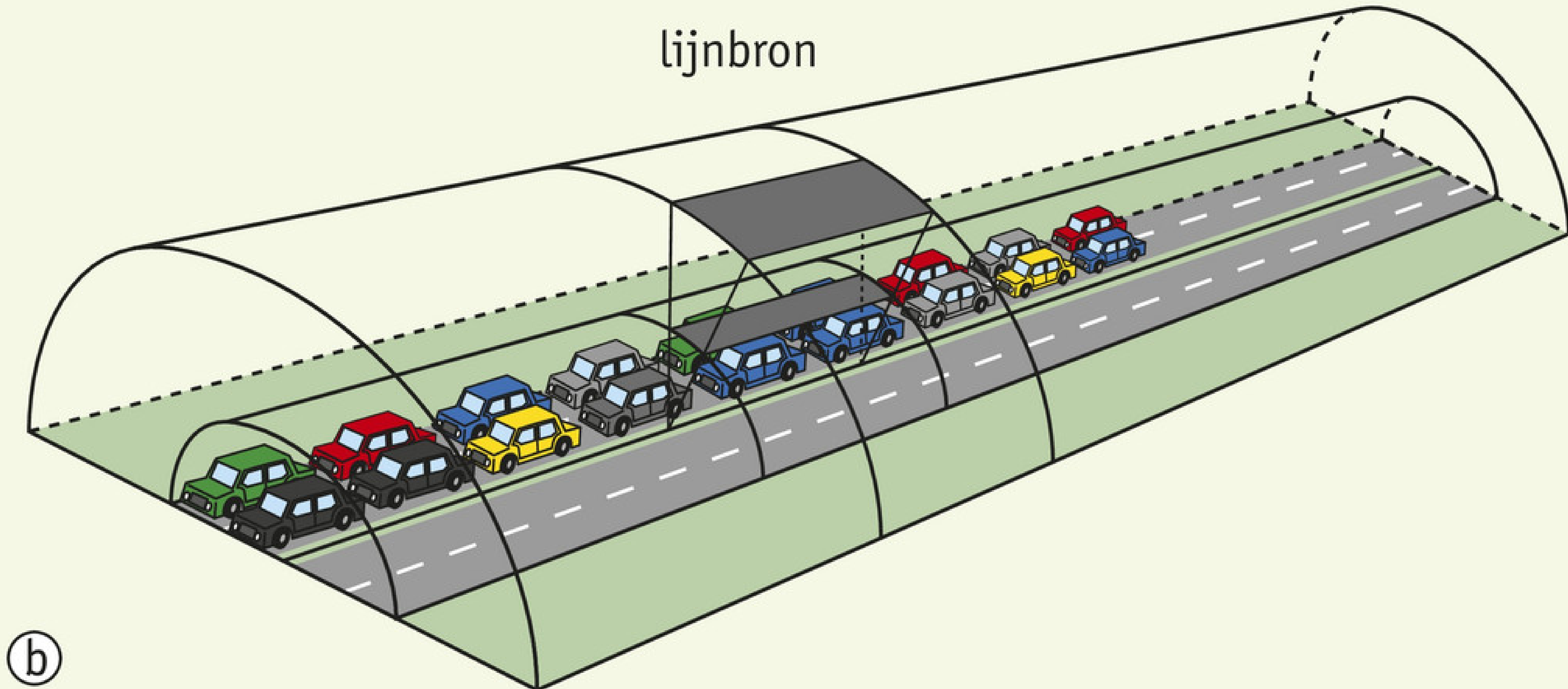
4 leerlingen: 61 dB

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Het verband tussen afstand en geluidssterkte

Het geluid van een concert in een feesttent komt van één plek. Zo'n geluidsbron noem je een puntbron. Het geluid van een puntbron gaat in een bolvorm alle kanten op (afbeelding 14a). Hoe verder je van de puntbron bent verwijderd, hoe groter het oppervlak waarover het geluid wordt verdeeld.
Bij puntbronnen kun je uitrekenen hoeveel de geluidssterkte afneemt als je verder bij de bron vandaan gaat. Het geluidsniveau neemt voor elke verdubbeling van de afstand met 6 dB af (tabel 2).





▲ **afbeelding 14**
Zo verplaatst het geluid zich van een puntbron (a) en een lijnbron (b).

▼ **tabel 2** afname geluidssterkte bij een puntbron

afstand (m)	geluidssterkte (dB)
1	95
2	89
4	83
8	77
16	71
enzovoort	

Het geluid van een drukke verkeersweg neemt op een andere manier af als de afstand groter wordt. Het geluid van een weg komt niet uit één punt, maar van een lijn. Zo'n geluidsbron noem je een lijnbron. Het geluid wordt afgestraald als een cilinder (afbeelding 14b). Het geluid neemt bij verdubbeling van de afstand niet af met 6 dB, maar met 3 dB. Daardoor draagt het geluid van een lijnbron verder dan dat van een puntbron.

Voorbeeld
Op 50 m afstand is het geluidsniveau van een fabriek 66 dB. De fabriek is een puntbron.
Op 50 m afstand is het geluidsniveau van een drukke weg 60 dB. De weg is een lijnbron.
Welke bron klinkt op 800 m het luidst?

De afstand wordt voor beide bronnen vier keer verdubbeld.
De geluidssterkte van de fabriek is dan nog 66 – 24 (4 × 6) = 42 dB.
De geluidssterkte van de weg is dan nog 66 – 12 (4 × 3) = 54 dB.

4 Geluid versterken

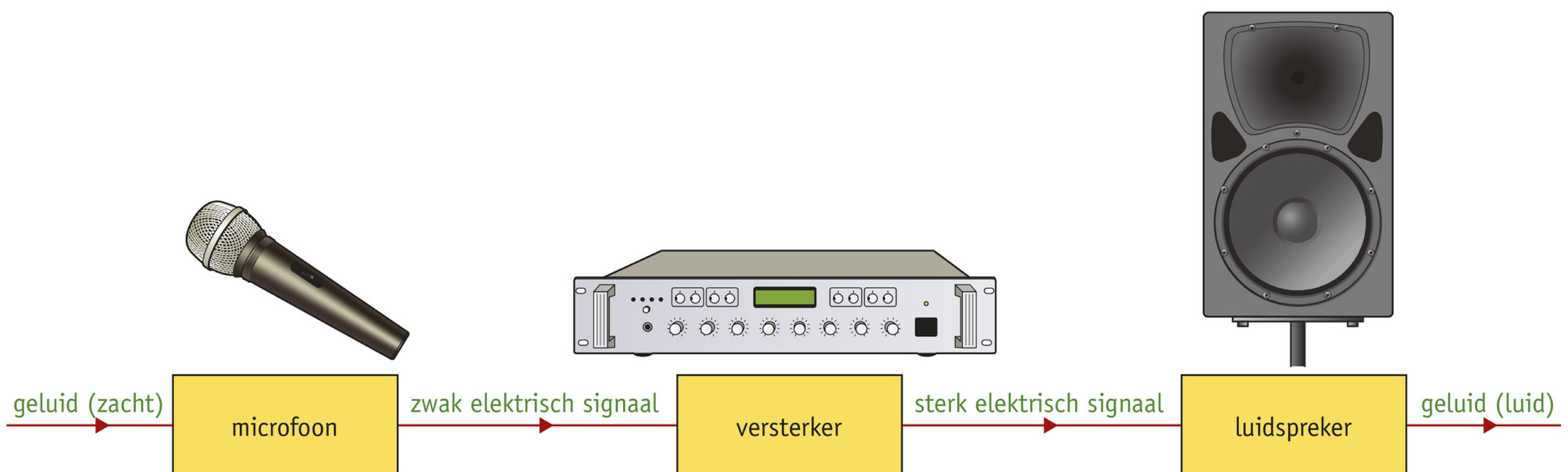
Een zanger in een band hoeft bij een stadionconcert niet hard te zingen om overal te worden gehoord. Hij gebruikt een geluidsinstallatie om het geluid van zijn stem te versterken.

Geluidssystemen

Je stem maakt genoeg geluid voor kleine ruimten, zoals een huiskamer of een schoollokaal. Maar voor grotere ruimten met meer mensen is je stemgeluid niet luid genoeg. Dan heb je een **geluidssysteem** nodig om goed verstaanbaar te zijn.

Een eenvoudig geluidssysteem, zoals in de aula van een school, bestaat uit:
- één of meer microfoons;
- een versterker;
- een aantal luidsprekers.

In afbeelding 15 is getekend hoe zo'n geluidssysteem werkt. De microfoon zet het geluid om in een zwak elektrisch signaal. Dit elektrische signaal wordt door de versterker versterkt, zodat er een veel krachtiger signaal ontstaat. Dit versterkte signaal wordt naar de luidsprekers gestuurd die er vervolgens weer geluid van maken.



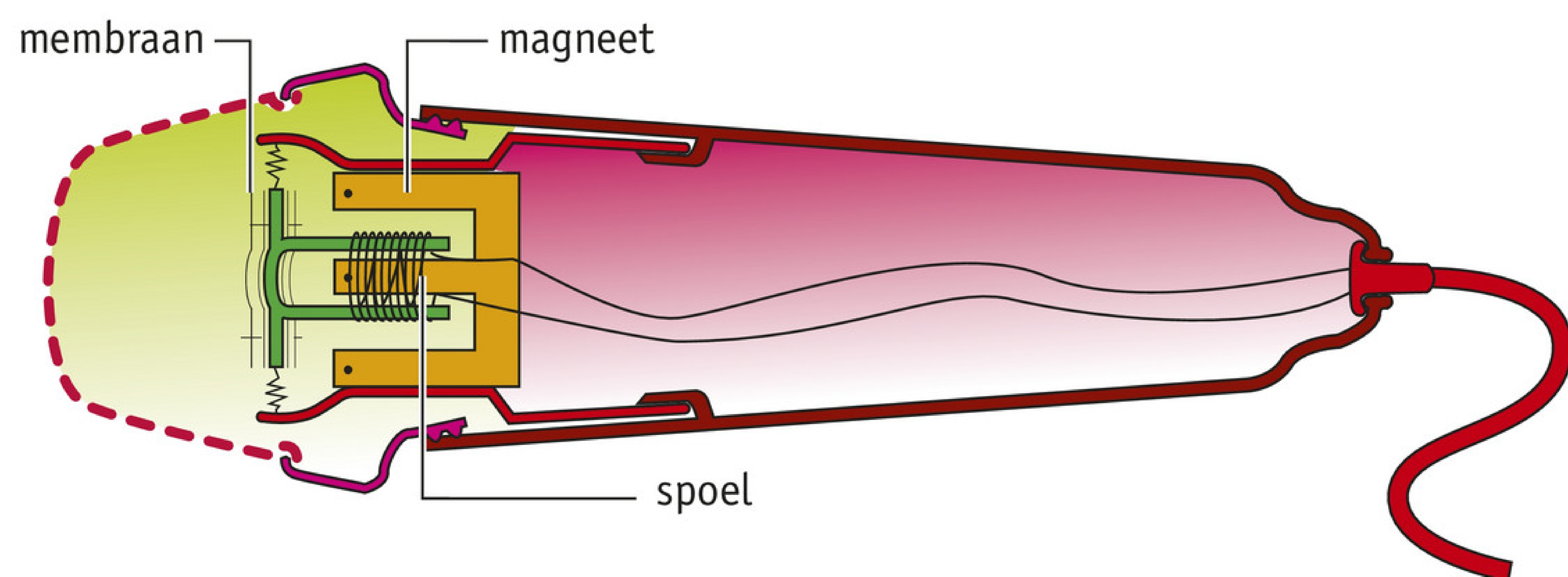
▲ **afbeelding 15**
Zo werkt een geluidssysteem.

De microfoon

Er zijn verschillende soorten microfoons. In geluidssystemen wordt vaak een **dynamische microfoon** gebruikt, omdat dit type microfoon erg betrouwbaar is. In afbeelding 16 is zo'n microfoon getekend. De belangrijkste onderdelen zijn een permanente magneet, een spoel en een **membraan** (een dun plaatje).

Een dynamische microfoon werkt als volgt:

1. Als er geluidstrillingen bij de microfoon aankomen, gaat het membraan trillen. De spoel die aan het membraan vastzit, beweegt mee.
2. Doordat de spoel heen en weer beweegt rond de magneet, verandert het magnetisch veld in de spoel voortdurend.
3. Het veranderende magnetisch veld wekt een wisselspanning op tussen de uiteinden van de spoel.



▶ **afbeelding 16**
een dynamische microfoon

Een dynamische microfoon is een energieomzetter, net als een dynamo. De magneet en de spoel hebben ook dezelfde functie als in een dynamo. Ze zetten bewegingsenergie om in elektrische energie.

De versterker

De wisselspanning die een microfoon levert, bevat informatie over geluid. De frequentie van de wisselspanning geeft aan hoe hoog het geluid is. De amplitude van de wisselspanning geeft aan hoe luid het geluid is. Dat is de reden waarom je deze wisselspanning een elektrisch signaal noemt: er zit informatie in.

Een dynamische microfoon levert een zwak elektrisch signaal. Dat komt doordat stemgeluid maar een klein vermogen heeft. Van dat vermogen komt bovendien maar een deel in de microfoon terecht. Het elektrisch vermogen van een microfoon is daardoor erg klein, in de orde van één milliwatt.

De luidsprekers van een geluidssysteem hebben een veel groter elektrisch vermogen nodig. Een doorsnee luidspreker neemt een elektrisch vermogen op van 50 tot 100 watt: 50 000 tot 100 000 × zo veel als het vermogen dat de microfoon levert.

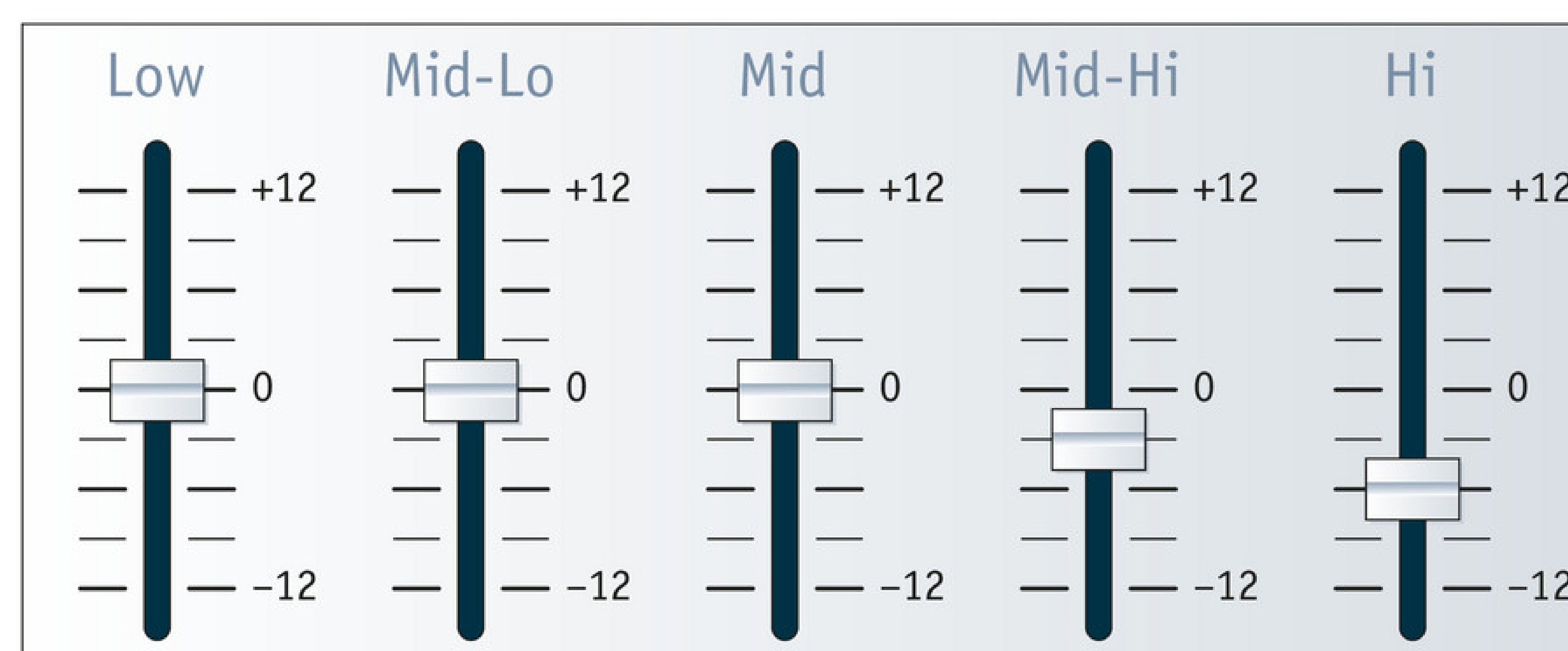
Dit extra vermogen levert de **versterker**. Die zorgt ervoor dat zowel de spanning als de stroom veel sterker wordt. Hierdoor neemt het elektrisch vermogen ($P = U \cdot I$) van het signaal sterk toe.

Van onversterkt naar versterkt

Een versterker verandert de frequenties in het signaal niet. Het onversterkte signaal en het versterkte signaal bevatten dezelfde frequenties. Een trilling van 400 Hz blijft dus een trilling van 400 Hz, enzovoort.

De amplitude van het versterkte signaal is veel groter dan de amplitude van het onversterkte signaal. De wisselspanning is gestegen van enkele millivolts (onversterkt) naar enkele tientallen volts (versterkt). De amplitude van het versterkte signaal verandert op dezelfde manier als de amplitude van het onversterkte signaal. Als dat opeens groter wordt, wordt de amplitude van het versterkte signaal dat ook.

De meeste versterkers hebben een **equalizer**. Met deze schakeling kun je de klankkleur van het geluid aanpassen. Een equalizer splitst het elektrische signaal in verschillende frequentiegebieden of **banden**. Je kunt de sterkte van elke band apart regelen. Als je in afbeelding 17 de linker schuifregelaar omhoog duwt, worden de lage frequenties extra versterkt. Dat hoor je meteen: de bastonen worden luider.



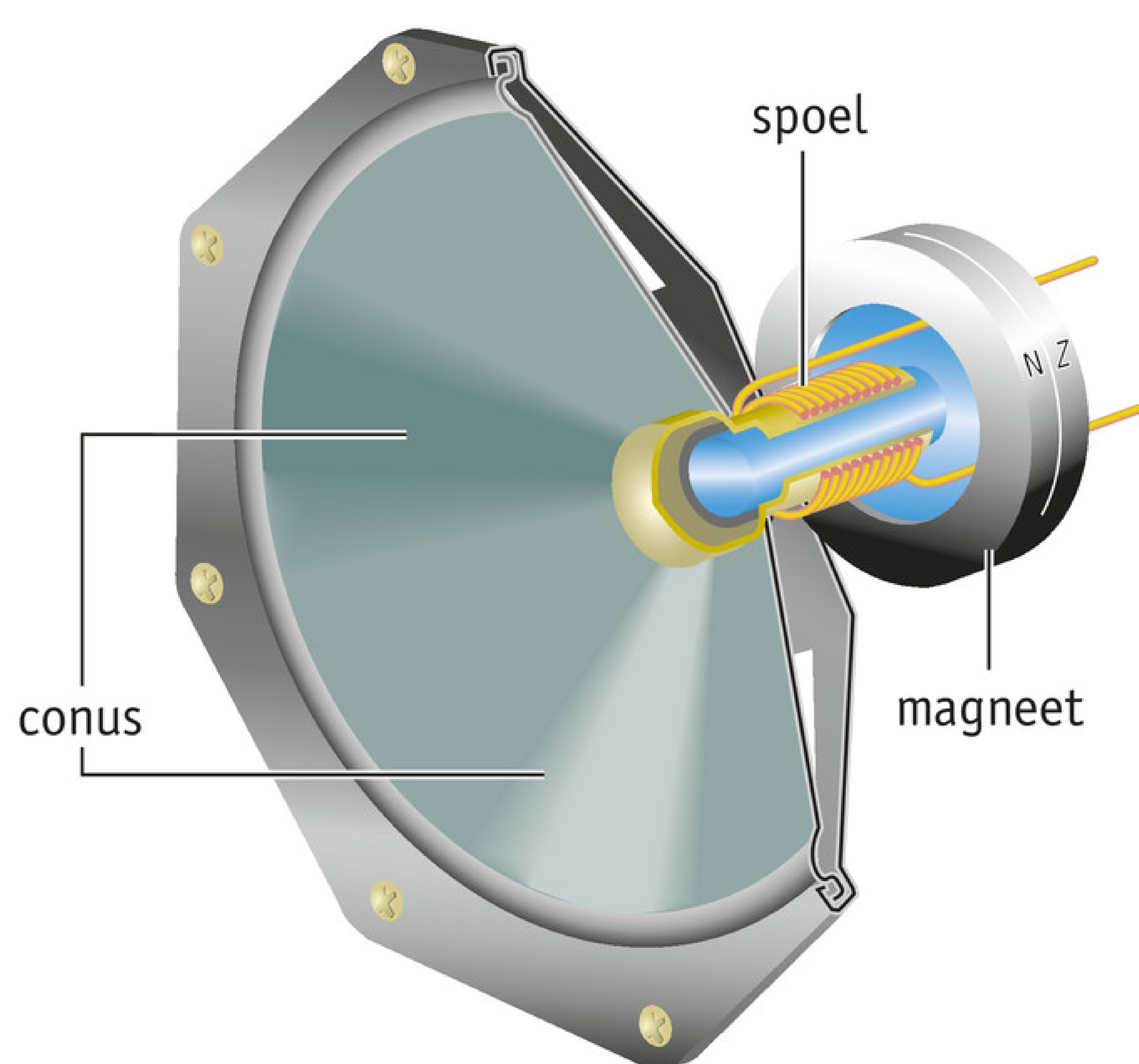
▶ **afbeelding 17**
een equalizer met vijf schuifregelaars voor vijf banden

De luidspreker

Het versterkte elektrische signaal komt ten slotte bij de luidsprekers terecht. Die zetten de elektrische energie in het signaal om in geluid.

In afbeelding 18 is een luidspreker getekend. De belangrijkste onderdelen zijn een sterke permanente magneet, een spoel en de conus. De luidspreker werkt als volgt:

1 Als je een wisselspanning op de uiteinden van de spoel zet, gaat er een wisselstroom door de spoel lopen.
2 De spoel wordt dan een elektromagneet waarvan de polen steeds omwisselen.
3 De elektromagneet wordt afwisselend aangetrokken en afgestoten door de permanente magneet.
4 De elektromagneet laat de conus heen en weer bewegen. Op deze manier wordt de lucht rond de luidspreker in trilling gebracht.



▲ **afbeelding 18**
een luidspreker

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Woofers en tweeters

In een geluidsbox zitten vaak verschillende luidsprekers. De box in afbeelding 19 heeft er drie: een tweeter voor de hoge tonen, een squawker voor de middentonen en een woofer voor de lage tonen.

De luidspreker voor de hoge tonen is klein en licht. Dat ligt ook voor de hand: de conus van deze luidspreker moet erg snel heen en weer kunnen bewegen. De luidspreker voor de lage tonen is veel groter. Deze luidspreker moet de lucht sterk in trilling brengen, omdat je de lage tonen anders niet goed hoort (je gehoor is niet erg gevoelig voor lage tonen).

De conus van een basluidspreker heeft daarom een groot oppervlak, zodat hij veel lucht kan verplaatsen. Bovendien kan de conus van een basluidspreker verder heen en weer bewegen dan de conus van een veel kleinere hogetonenluidspreker. Het resultaat is dan een stevig basgeluid dat je tot in je maag kunt voelen als je de versterker hard zet.



▶ **afbeelding 19**
een box met drie luidsprekers: van links naar rechts de squawker, tweeter en woofer.

5 Geluidshinder

Geluid kan hinderlijk zijn. Dat is onprettig, zeker als je het geluid niet uit kunt zetten. Maar geluid kan ook schadelijk zijn.

Hinderlijk geluid

Geluid kan heel hinderlijk zijn, maar niet alle mensen zijn daar even gevoelig voor. Lawaai van vliegtuigen, het geraas van het verkeer en lawaai van de buren ervaren veel mensen als hinderlijk.

Tegen geluidshinder kun je op verschillende manieren iets doen. In Nederland maakt de regering onderscheid tussen drie soorten maatregelen:

Bij de bron
Vliegtuigmotoren worden zo ontworpen dat ze zo weinig mogelijk lawaai maken. Snelwegen worden vaak geasfalteerd met geluidsarm asfalt. Ook worden er geluidswallen en geluidsschermen langs snelwegen aangebracht. Omdat geluidswallen en geluidsschermen bij de weg horen, worden ze door de regering als maatregel bij de bron gezien (afbeelding 20).



▲ **afbeelding 20**
Hier worden maatregelen bij de bron genomen.

Tussen de bron en de ontvanger
Langs snelwegen zijn zones aangegeven waarin geen nieuwe huizen mogen worden gebouwd. Deze zones liggen tussen de bron (het verkeer) en de ontvanger (de mensen in de woonwijken verderop). Buiten deze zones mag de gemiddelde geluidssterkte overdag niet hoger zijn dan 50 dB(A).

Bij de ontvanger
Huizen die te dicht bij een vliegveld staan, worden extra goed geïsoleerd; er kan dan veel minder geluid de huizen binnenkomen.

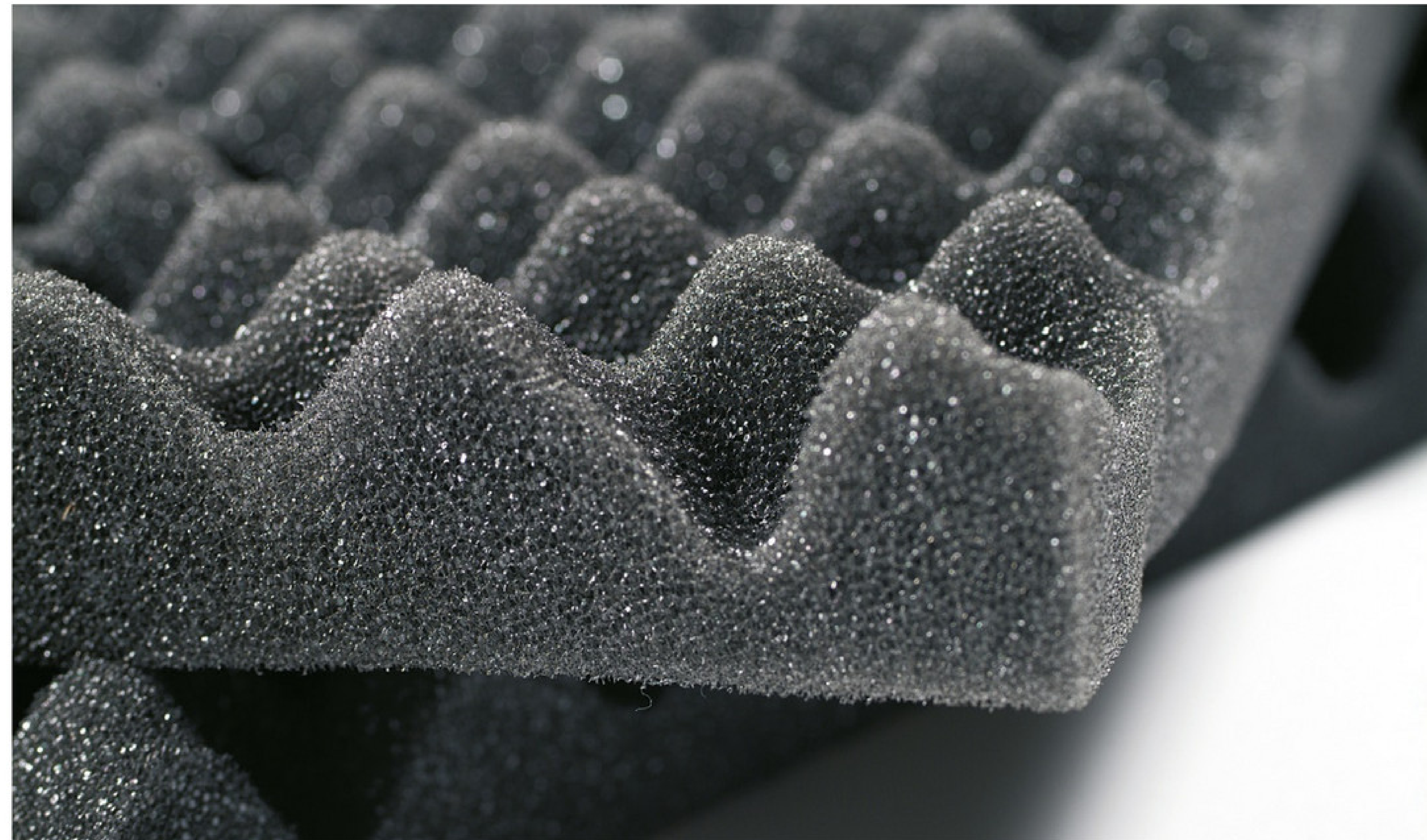
Geluidsisolatie

Geluidshinder wordt vaak bestreden met **geluidsisolatie**. Huizen kun je bijvoorbeeld isoleren door dubbele beglazing aan te brengen. Er kan dan minder geluid de huizen binnenkomen.

Als een machine op een harde vloer staat, kan ze de vloer gemakkelijk in trilling brengen. De trillingen kunnen door de vloeren en muren alle kanten op bewegen. Dit kan veel geluidshinder veroorzaken.
Je kunt de machine van de vloer isoleren door haar op rubberen doppen te zetten. Het rubber dempt de trillingen. De trillingen in de vloer worden daardoor veel zwakker.

Absorberen en terugkaatsen

Geluid kun je laten verdwijnen in een geluiddempend materiaal. Het geluid wordt dan **geabsorbeerd** door het materiaal. Materiaal dat geluid moet absorberen, is zacht en heeft een ribbelig oppervlak (afbeelding 21). Daarom wordt nopjesschuim veel als geluidsisolerend materiaal gebruikt. Ook een dikke aarden wal langs de snelweg is een voorbeeld van een geluidsabsorberende maatregel.



▶ **afbeelding 21**
geluidsabsorberend materiaal

Soms is er niet voldoende ruimte voor een dikke aarden geluidswal. In dat geval wordt er meestal een **geluidsscherm** langs de snelweg geplaatst.

Geluid kan worden teruggekaatst, net als licht. Een geluidsscherm kaatst het geluid schuin omhoog; het geluid gaat dan over de bebouwing langs de snelweg heen. Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.

Schadelijk geluid

Harde geluiden kunnen je gehoor beschadigen. Geluiden met een sterkte van 80 dB of lager zijn veilig voor je gehoor. Geluid vanaf 80 dB kan schadelijk zijn als je er te lang naar luistert. Hoe groter de geluidssterkte, des te groter is de kans dat je gehoor wordt beschadigd. Geluid van 120 dB is veel schadelijker dan geluid van 90 dB.

Omdat de achteruitgang van je gehoor heel geleidelijk gaat, merk je het in het begin niet of nauwelijks. De meeste mensen merken het pas als het al te laat is; hun gehoor is dan al blijvend beschadigd.

Of je gehoor schade oploopt, hangt niet alleen af van de geluidssterkte. Ook de tijdsduur is van belang. In normen voor mp3-spelers is daarom voor elk geluidsniveau een maximale luistertijd opgenomen. Zolang je daaronder blijft, loopt je gehoor weinig risico. Bij 80 dB(A) is de maximale luistertijd veertig uur per week, maar bij 89 dB(A) nog maar vijf uur per week – dat is gemiddeld minder dan een uur per dag!



▶ **afbeelding 22**
Oorkappen en oordopjes beschermen je gehoor.

Je kunt het volume van je mp3-speler zelf regelen. Mensen die met lawaaierige machines werken, kunnen het geluid niet zomaar zachter zetten. Daarom moeten zij **oorkappen** of **oordopjes** dragen (afbeelding 22). Het geluid dat hun oren bereikt, wordt daardoor een stuk zwakker.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Mensen wegjagen met geluid

Je kunt mensen opzettelijk hinderen met geluid. Dat gebeurt bijvoorbeeld in sommige winkelcentra. Winkeliers hangen kastjes op die irritante pieptonen produceren. De kastjes verspreiden een hoogfrequent geluid, dat alleen jongeren horen. De winkeliers hopen dat het geluid zo irritant is dat hangjongeren ergens anders naartoe gaan.

Het apparaat dat de pieptonen produceert, heet een Mosquito (dat is Engels voor muskiet, een steekmug). De elektronica in een Mosquito produceert een elektrisch signaal dat is samengesteld uit een aantal wisselende frequenties. Een speciale ultrasone luidspreker zet dit elektrische signaal om in geluid.

Het geluid van een Mosquito lijkt op dat van de Mosquito-ringtone. Jongeren kunnen deze ringtone downloaden om hun mobieltje onhoorbaar voor volwassenen te maken (afbeelding 23).



▶ **afbeelding 23**
een ringtone voor jongeren



6 Werktuigen

Werktuigen gebruiken

Een lekke band repareren, een noot kraken, een navelstreng doorknippen, een moer losdraaien, een auto opkrikken, een zeil hijsen: in al die situaties gebruik je een werktuig om krachten uit te oefenen. Dankzij werktuigen kun je dingen doen die je met je blote handen onmogelijk voor elkaar kunt krijgen.

1 Werken met hefbomen

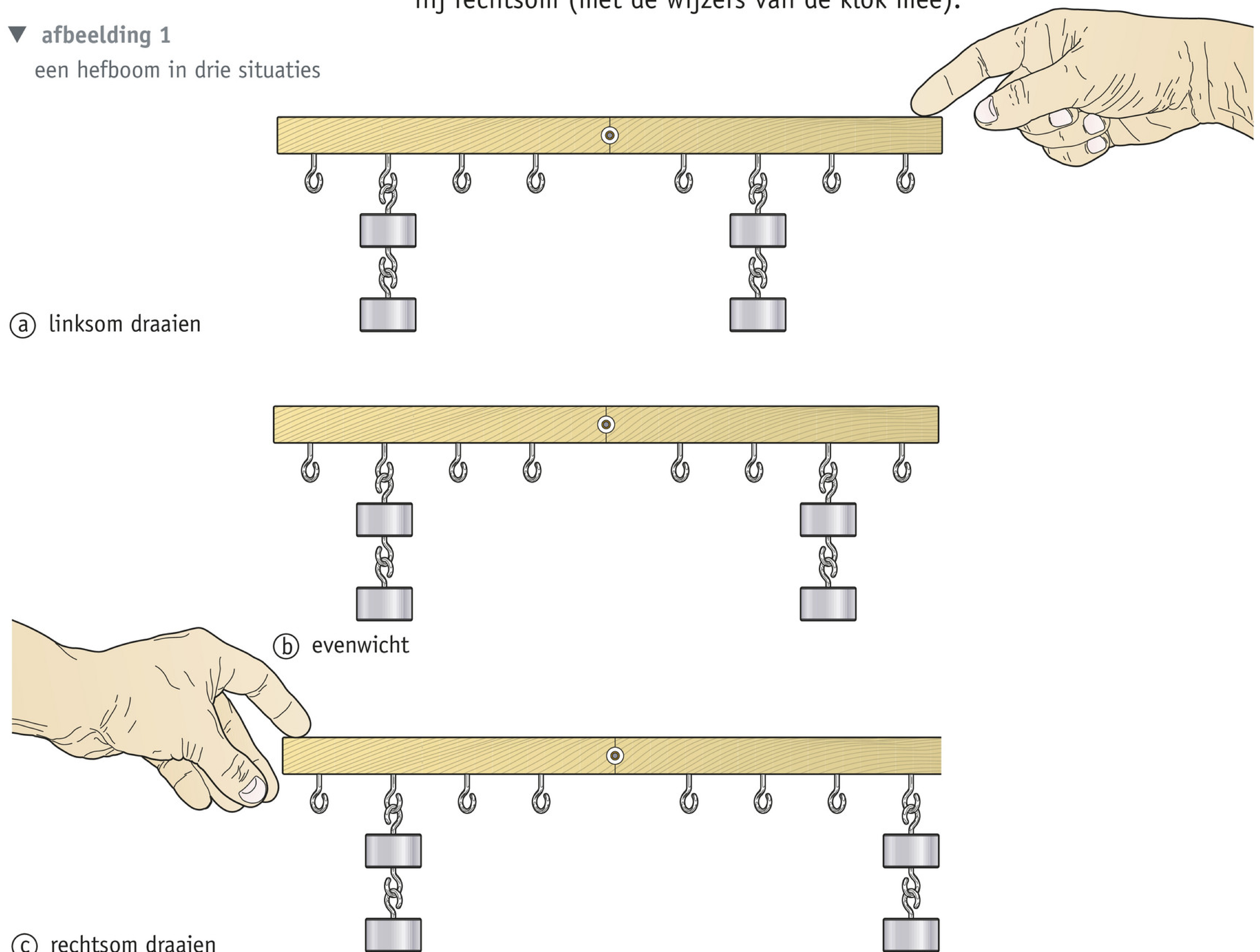
Linda snoeit een struik in haar tuin. Om dikke takken door te knippen, gebruikt ze een snoeischaar met extra lange handvatten. Daarmee kan ze veel meer kracht zetten dan met een schaar met korte handvatten.

De begrippen uit deze paragraaf zijn nodig voor het examenprogramma vmbo-k, maar het is voor vmbo-k niet verplicht om met de formules te kunnen rekenen.

Een eenvoudige hefboom

In afbeelding 1 zie je een eenvoudige hefboom.
- In situatie a is de hefboom niet in evenwicht. Als je hem loslaat, draait hij linksom (tegen de wijzers van de klok in).
- In situatie b is de hefboom in evenwicht. Als je hem loslaat, blijft hij in dezelfde stand.
- In situatie c is de hefboom niet in evenwicht. Als je hem loslaat, draait hij rechtsom (met de wijzers van de klok mee).

▼ **afbeelding 1**
een hefboom in drie situaties



De krachten op de hefboom zijn steeds even groot: het aantal gewichtjes verandert niet. Toch zegt dat nog niet dat er evenwicht is. Het maakt ook uit waar de krachten werken. Of er evenwicht is, hangt van twee dingen af: de grootte van de krachten en de afstand tussen de krachten en de draaias.

Het moment van een kracht

De grootte van een kracht en de afstand tot de draaias kun je combineren tot één begrip: het **moment** van de kracht:

het moment = de grootte van de kracht × de lengte van de arm

Of in formulevorm:

$M = F \cdot l$

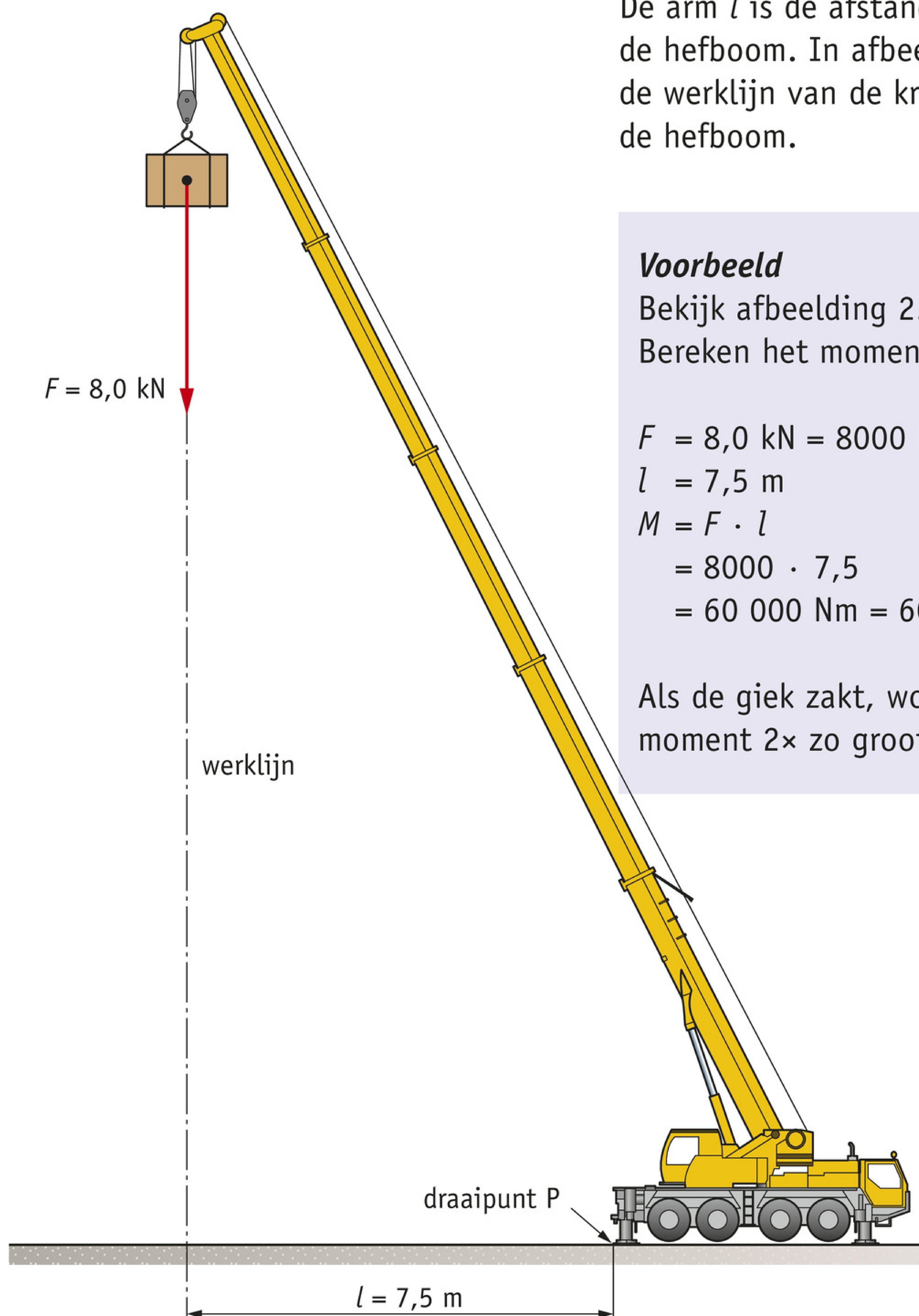
Als je F invult in newton en l in meter, dan vind je het moment M in newtonmeter (Nm).

De arm l is de afstand tussen de **werklijn** van de kracht en de draaias van de hefboom. In afbeelding 2 kun je zien hoe je de arm meet: loodrecht op de werklijn van de kracht. De arm is vrijwel altijd korter dan de lengte van de hefboom.

Voorbeeld
Bekijk afbeelding 2.
Bereken het moment van de kracht F (ten opzichte van het draaipunt P).

F = 8,0 kN = 8000 N
l = 7,5 m
$M = F \cdot l$
= 8000 · 7,5
= 60 000 Nm = 60 kNm

Als de giek zakt, wordt de arm langer. Als de arm 2× zo lang is, is het moment 2× zo groot: 120 kNm.



◀ **afbeelding 2**
Als je de giek draait, verandert de arm en dus ook het moment.

De momentenwet Proef 1 en 2

Op de hefboom in afbeelding 1 werken twee krachten, aan elke kant van het draaipunt een. Of de hefboom in evenwicht is, hangt af van de momenten van deze krachten. Er is evenwicht als het moment van kracht F_1 (linksom) even groot is als het moment van kracht F_2 (rechtsom).

Algemeen geldt:

Een hefboom is in evenwicht als de som van de momenten linksom gelijk is aan de som van de momenten rechtsom.

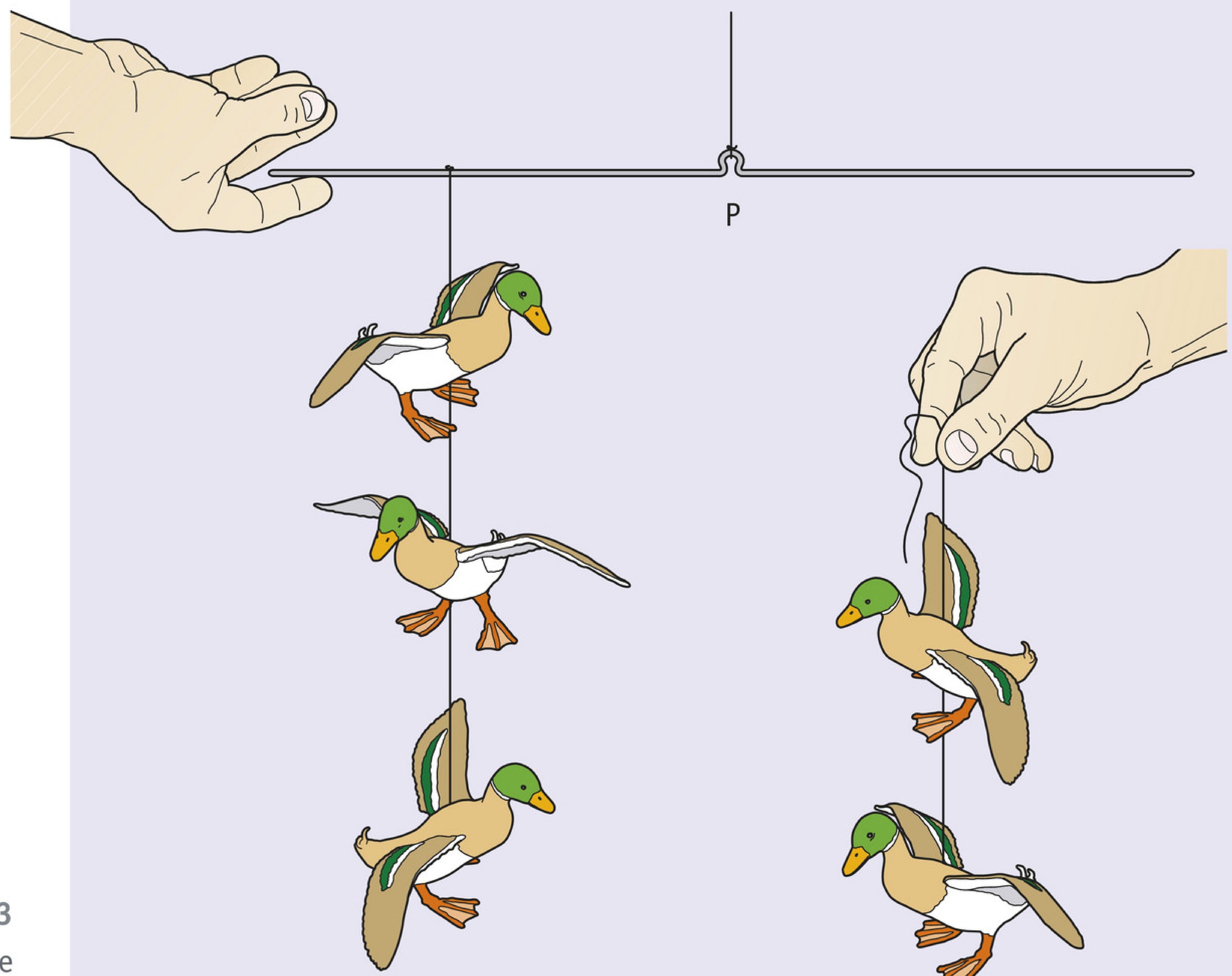
In formulevorm:

$M_1 + M_2 + \ldots$ (linksom) $= M_1 + M_2 + \ldots$ (rechtsom)

Deze regel noem je de **momentenwet**.

Voorbeeld

Lotte maakt een mobile. Ze hangt drie vogeltjes onder elkaar op 14 cm van het draaipunt (afbeelding 3). Elk vogeltje heeft een gewicht van 0,2 N.
Bereken waar ze de twee vogeltjes rechts moet ophangen om evenwicht te maken.



▶ **afbeelding 3**
de mobile van Lotte

F_1 = 0,6 N F_2 = 0,4 N
l_1 = 14 cm = 0,14 m l_2 = ... m

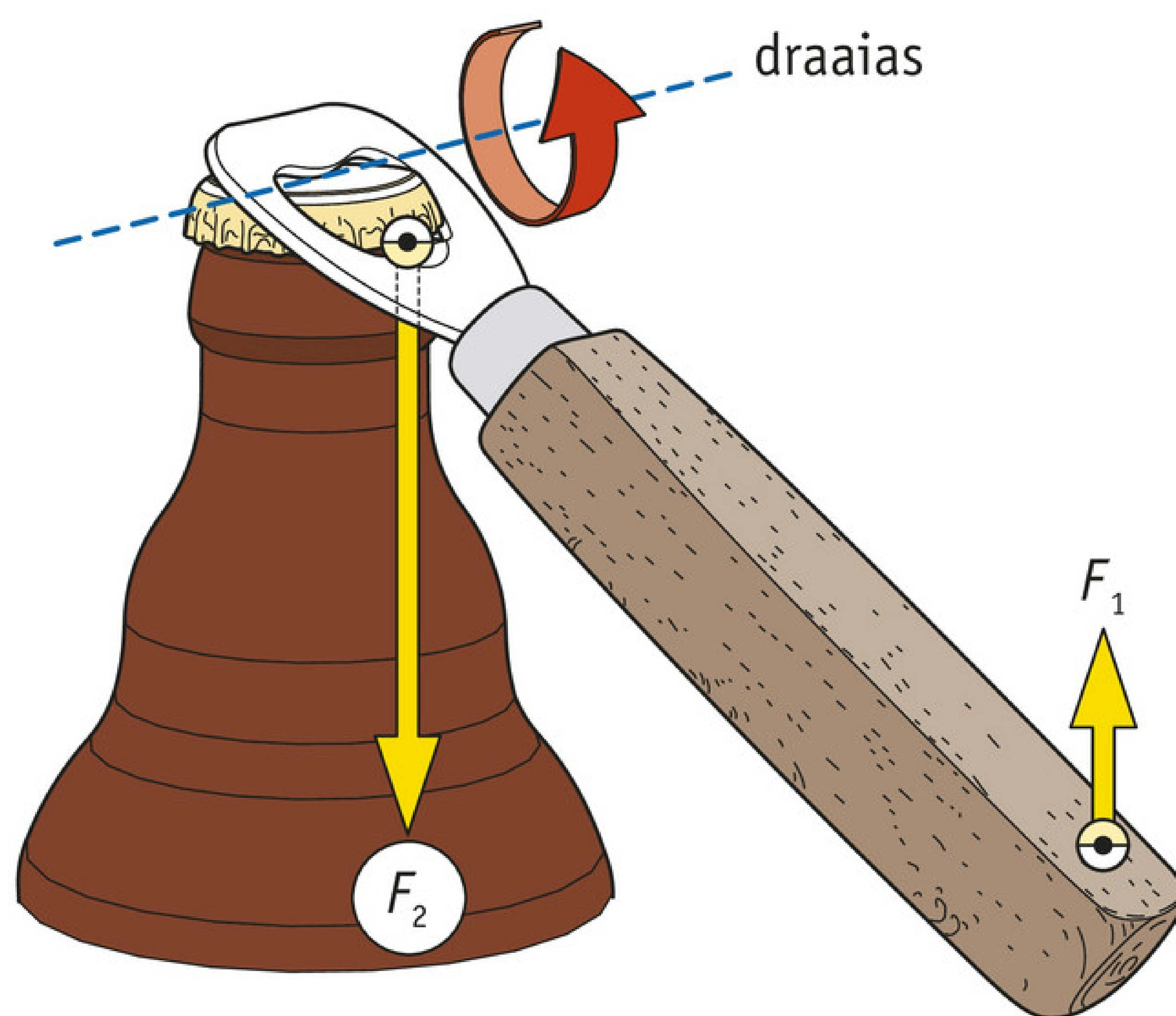
Er is evenwicht als geldt: $M_1 = M_2$.

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$0{,}6 \times 0{,}14 = 0{,}4 \times l_2$$

$$l_2 = \frac{0{,}084}{0{,}4} = 0{,}21 \text{ m}$$

Lotte moet de twee vogeltjes dus op 21 cm van het draaipunt hangen.

Je ziet: om evenwicht te maken moet je ervoor zorgen dat de kleinste kracht de grootste arm heeft.



▲ **afbeelding 4**
De momenten van F_1 en F_2 zijn even groot.

Hefbomen in werktuigen

In veel situaties is je spierkracht te klein om iets voor elkaar te krijgen. Het lukt niet om een dop van een fles te halen, als je alleen je vingers mag gebruiken. In zo'n situatie kun je een hefboom gebruiken om je spierkracht te 'vergroten'. Een flessenopener is een goed voorbeeld van zo'n hefboom.

In afbeelding 4 zie je hoe een flessenopener werkt. Met je hand probeer je de opener linksom te laten draaien, met een kracht F_1. De dop verzet zich tegen die beweging. Hij drukt de opener naar beneden, met een kracht F_2. De twee krachten houden elkaar (zo ongeveer) in evenwicht. Dus geldt de momentenwet:

$M_1 = M_2$

Dat betekent dat:

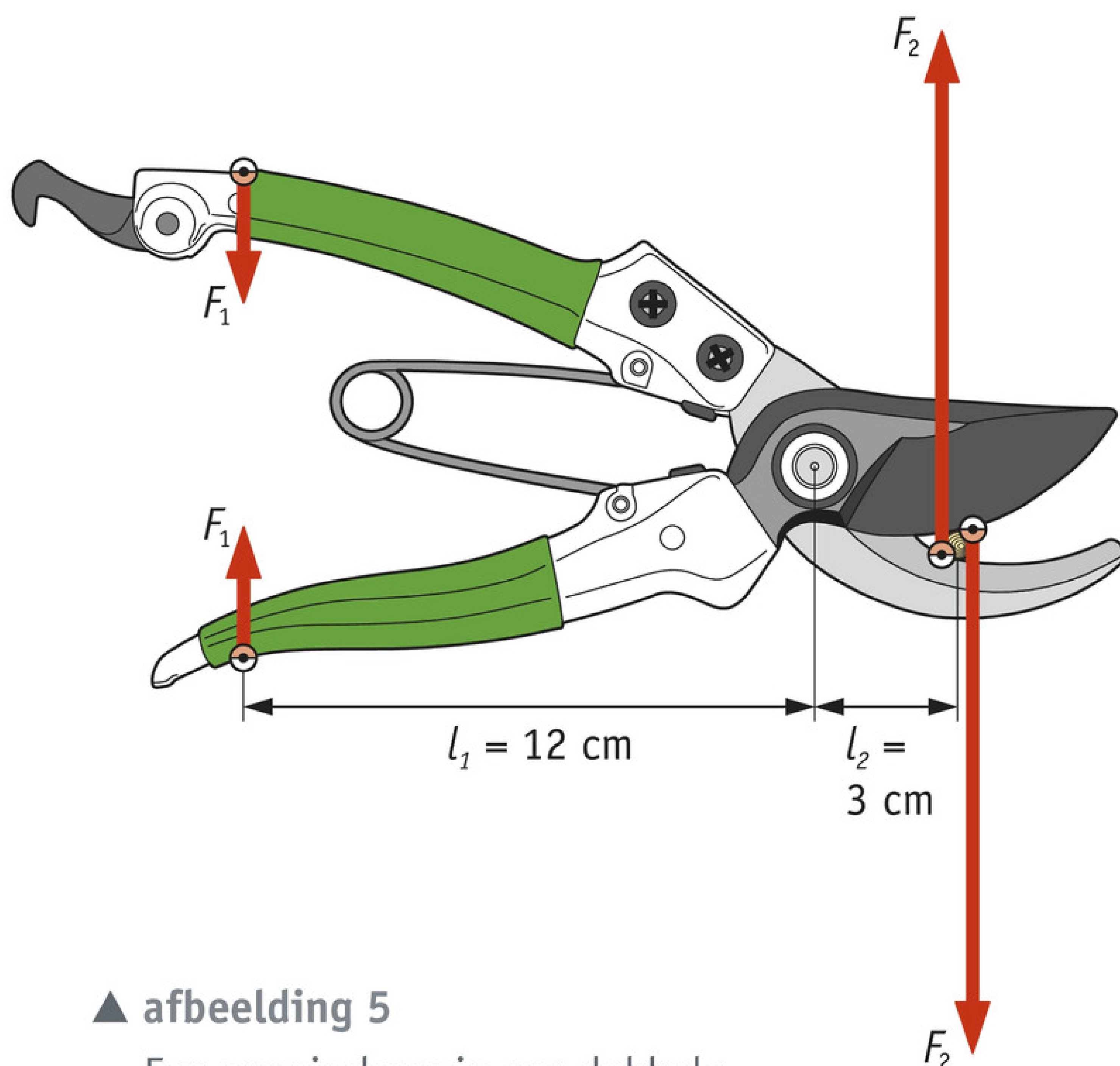
$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$

F_1 noem je ook wel de werkkracht en F_2 de lastkracht. Uit de formule volgt dat de lastkracht F_2 (met z'n korte arm) veel groter is dan de werkkracht F_1 (met z'n lange arm).

De kracht die de opener op de dop uitoefent, is niet getekend in afbeelding 4. Deze kracht is even groot als F_2 en omhoog gericht.

Enkele en dubbele hefbomen

Op deze manier werken veel werktuigen: een kleine werkkracht (met een grote arm) maakt evenwicht met een grote lastkracht (met een kleine arm). Dat zie je bij **enkele hefbomen** (zoals flesopeners, steeksleutels en bandenlichters) en **dubbele hefbomen** (zoals snoeischaren, notenkrakers en nijptangen).



▲ **afbeelding 5**
Een snoeischaar is een dubbele hefboom.

Voorbeeld

De snoeischaar in afbeelding 5 wordt dichtgeknepen met een spierkracht van (tweemaal) 6,0 N.
Bereken de krachten op de tak.

F_1 = 6,0 N　　F_2 = ... N
l_1 = 12 cm = 0,12 m　　l_2 = 3 cm = 0,03 m

Er is evenwicht als geldt: $M_1 = M_2$.

$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$
$6{,}0 \times 0{,}12 = F_2 \times 0{,}03$

$$F_2 = \frac{0{,}72}{0{,}03} = 24 \text{ N}$$

Op de tak werken dus twee krachten van 24 N.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

Hovenier

Deze hovenier gebruikt een snoeischaar met extra lange armen. Daardoor kan hij met vrij weinig kracht toch dikke takken doorknippen. De lange handvatten vergroten zijn spierkracht enorm.

◀ **afbeelding 6**
minder kracht nodig door extra lange armen

Plus De momentsleutel

Sommige bouten mag je niet te vast aandraaien, omdat ze dan bij een plotselinge extra belasting zomaar kunnen afknappen. Met een steeksleutel kun je gemakkelijk te veel kracht gebruiken. Om dit te voorkomen gebruik je een momentsleutel (afbeelding 7). Bij zo'n sleutel kun je zelf het maximale moment instellen. Als je tijdens het vastdraaien het maximale moment bereikt, slipt de sleutel door.

In de documentatie bij een auto of fiets staat met welk moment je een bout of moer moet aandraaien. Op deze waarde moet je de momentsleutel instellen. De moer wordt dan stevig genoeg vastgedraaid, maar niet zo vast dat hij plotseling af kan knappen.

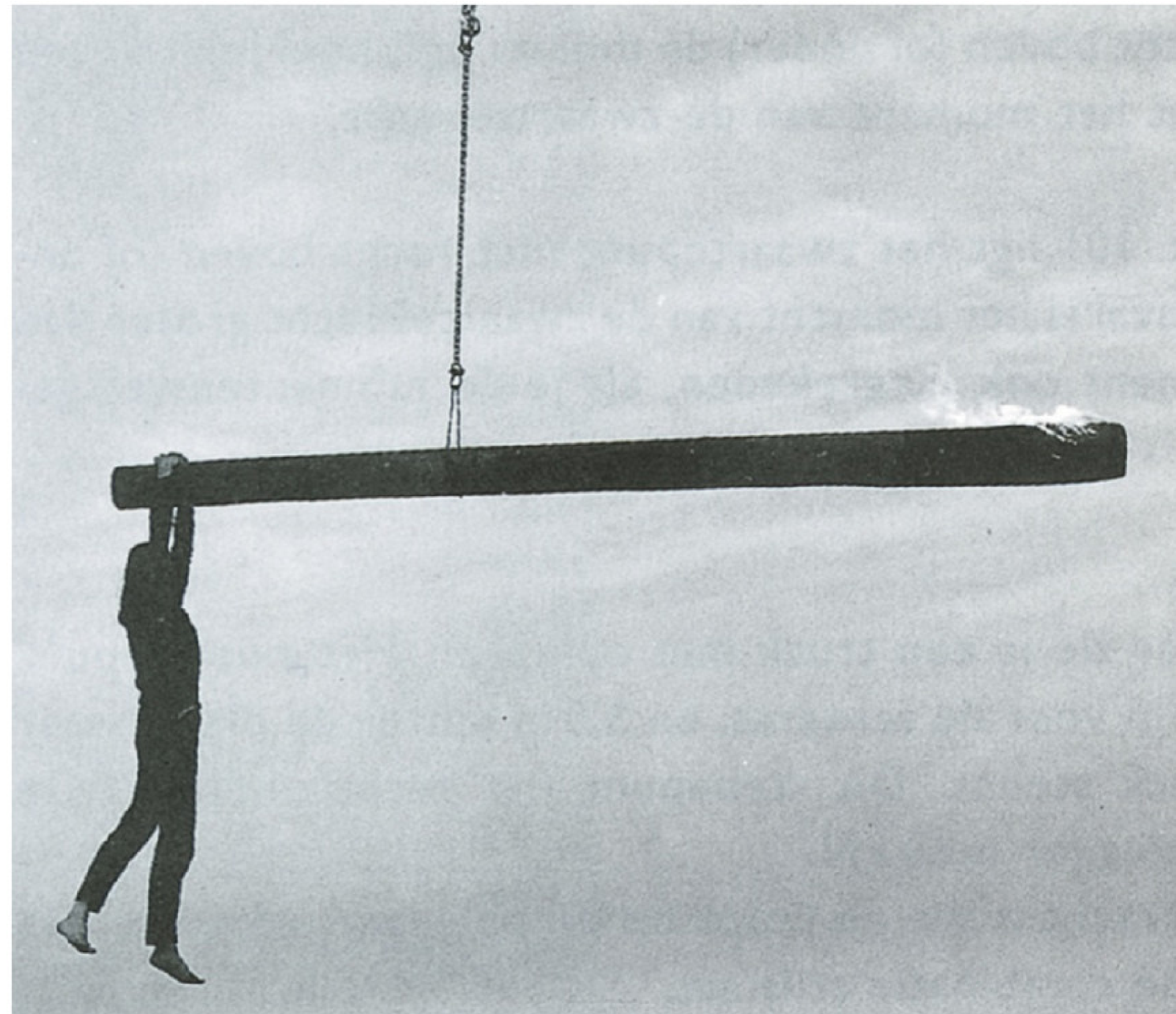


▶ **afbeelding 7**
Deze automonteur gebruikt een momentsleutel.

Alleen voor GT

2 Hefbomen en zwaartekracht

Door slim gebruik te maken van een hefboom kun je zware voorwerpen optillen. Je hebt dan minder kracht nodig dan de zwaartekracht die op het voorwerp werkt.



▶ **afbeelding 8**
Composition 1978 van Sigurdur Gudmundsson

Het massamiddelpunt

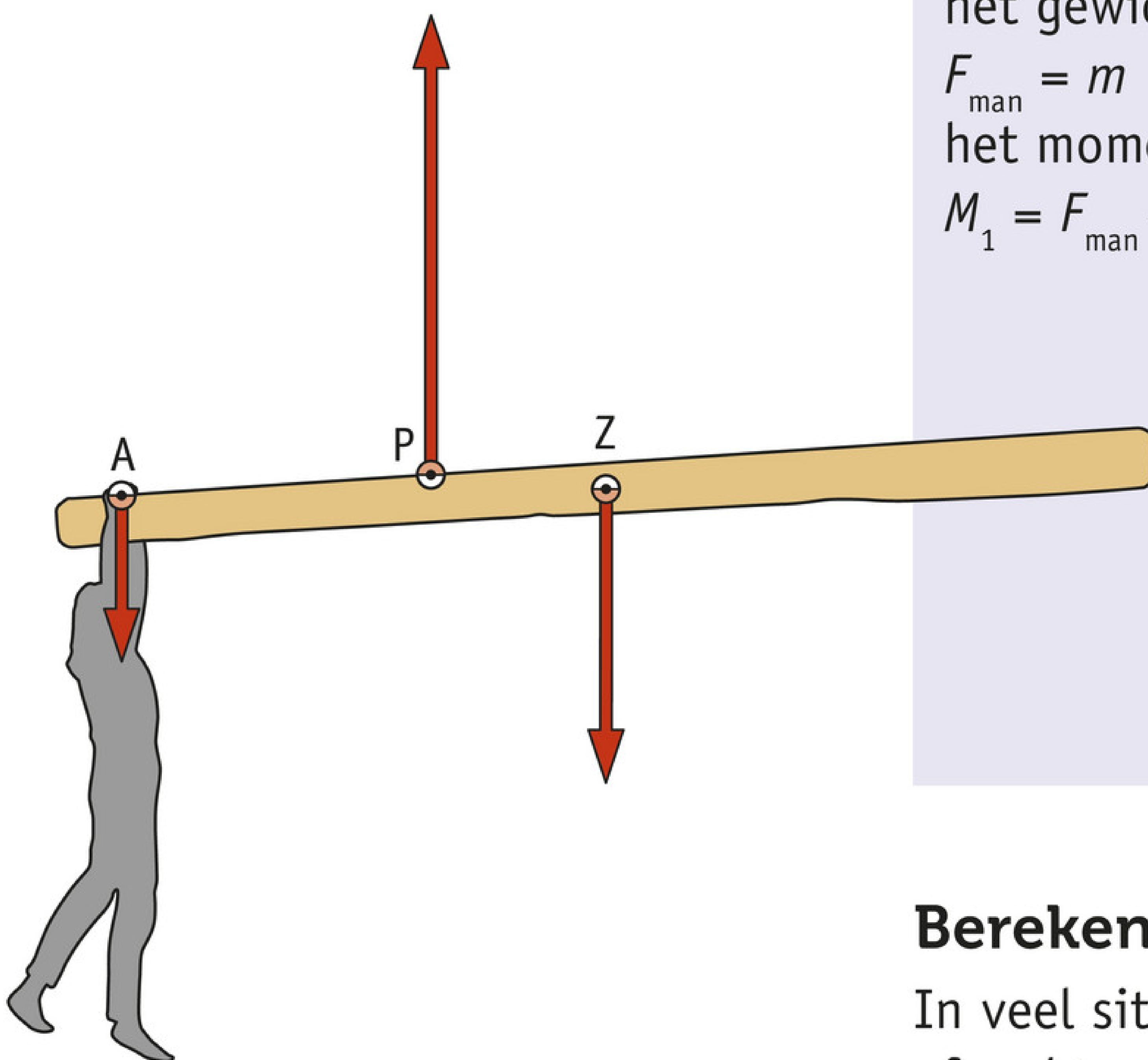
Bij het rekenen met momenten moet je vaak rekening houden met de zwaartekracht op de hefboom zelf. In afbeelding 8 zie je een voorbeeld. Op deze hefboom werken drie krachten (zie afbeelding 9):

1 Het gewicht van de man. Deze kracht grijpt aan in punt A.
2 De spankracht van de kabel. Deze kracht grijpt aan in het ophangpunt P.
3 De zwaartekracht op de balk zelf. Deze kracht grijpt aan in punt Z.

Dit punt Z noem je het **massamiddelpunt** van de balk.

In werkelijkheid werkt de zwaartekracht niet alleen op punt Z. De balk bestaat – zoals ieder voorwerp – uit een enorm aantal materiedeeltjes. Op elk van die deeltjes werkt een uiterst klein zwaartekrachtje. De resultante van al die zwaartekrachtjes samen noem je ‘de’ zwaartekracht. Het massamiddelpunt is de plaats waar deze resultante aangrijpt.
Je kunt alle kleine zwaartekrachtjes op de balk vervangen door die resulterende kracht. Daarna kun je met behulp van de momentenwet bepalen of de balk in evenwicht is.

Bij een homogene balk ligt het massamiddelpunt precies in het midden van de balk. ‘Homogeen’ wil zeggen dat de balk helemaal van hetzelfde materiaal is gemaakt.



▲ **afbeelding 9**
een schematische tekening van Composition 1978

Voorbeeld
In afbeelding 9 is de situatie van de foto schematisch getekend. De massa van de man is 70 kg. De afstand AP is 1,2 m. De afstand ZP is 0,8 m. Er is evenwicht.
Bereken de massa van de balk.

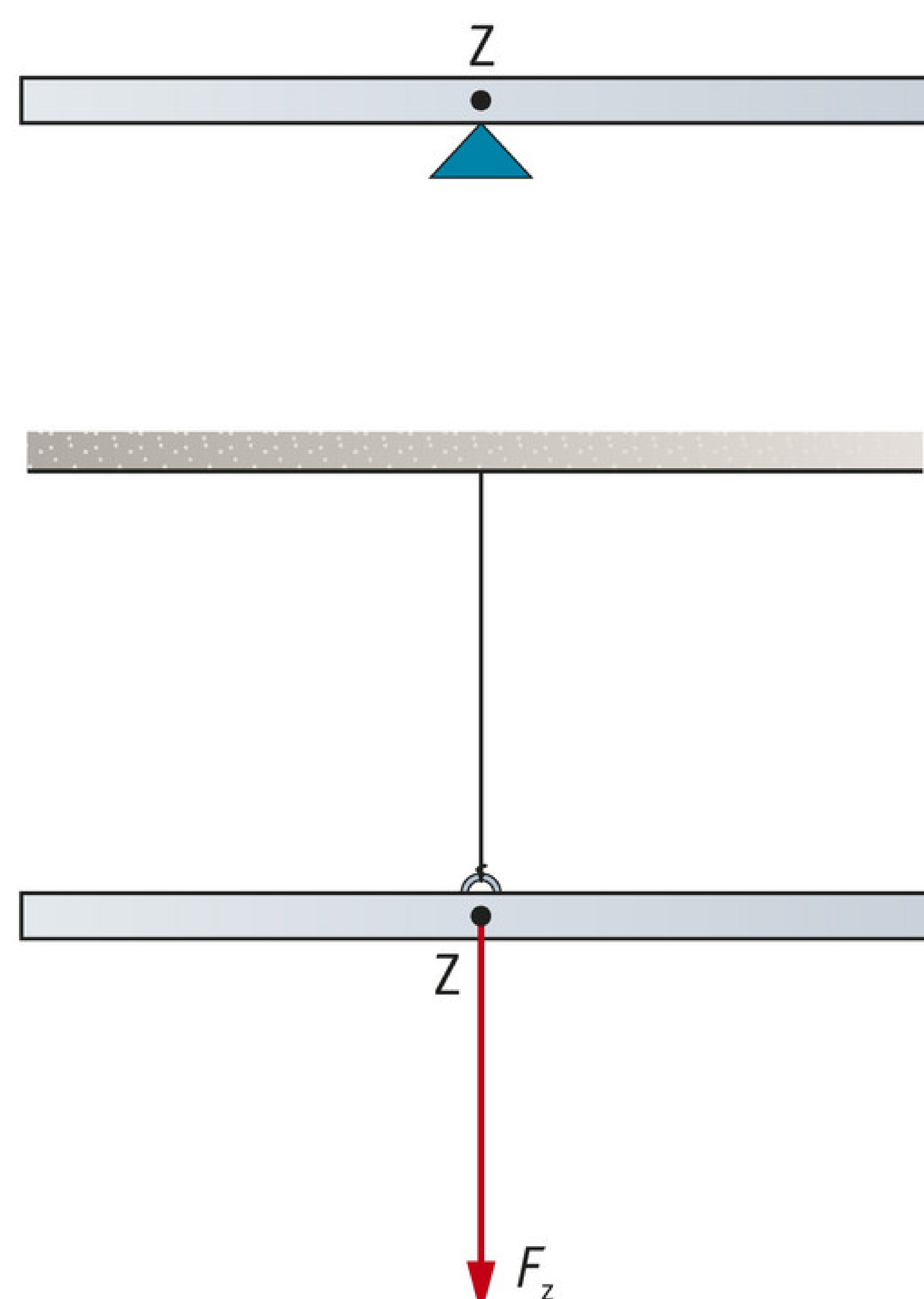
het gewicht van de man:
$F_{man} = m \cdot g = 70 \times 10 = 700$ N
het moment van F_{man}:
$M_1 = F_{man} \cdot l_1 = 700 \times 1{,}2 = 840$ Nm

de zwaartekracht op de balk:
$F_z = m \cdot g = m \times 10 = 10 \cdot m$ N
het moment van F_z:
$M_2 = F_z \cdot l_2 = 10 \cdot m \times 0{,}8 = 8 \cdot m$ Nm

Er is evenwicht, dus geldt:
$M_1 = M_2$
$840 = 8 \cdot m$
$$m = \frac{840}{8} = 105 \text{ kg}$$

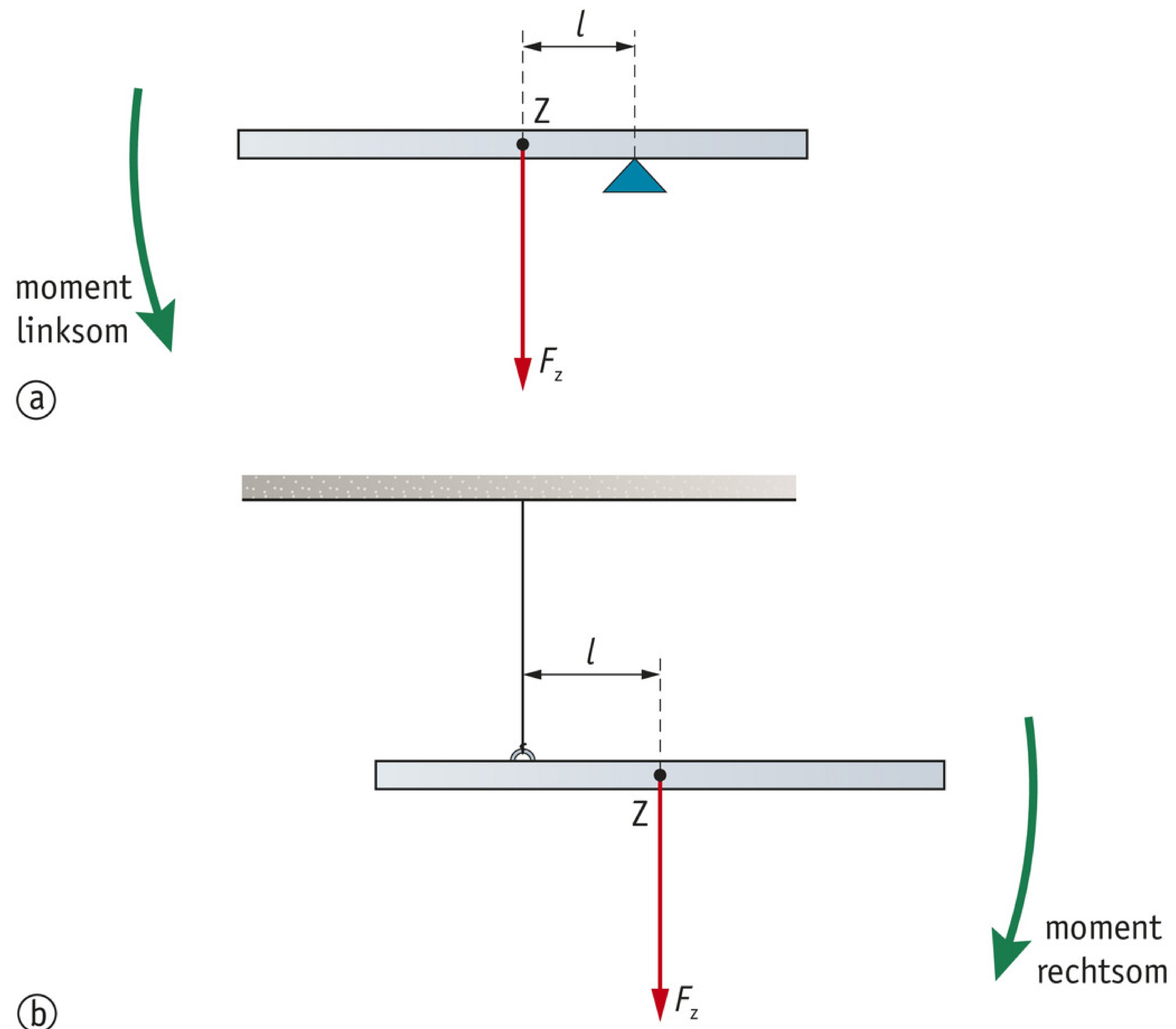
Berekeningen maken

In veel situaties ligt het massamiddelpunt van een hefboom recht boven of recht onder de draaias (afbeelding 10). Je hoeft dan geen rekening te houden met het moment van de zwaartekracht.
Dat komt doordat l (de afstand tussen de werklijn en de draaias) dan 0 m is. Het moment $F \cdot l$ is dan gelijk aan 0 Nm.



◀ **afbeelding 10**
Het massamiddelpunt ligt recht boven de draaias.

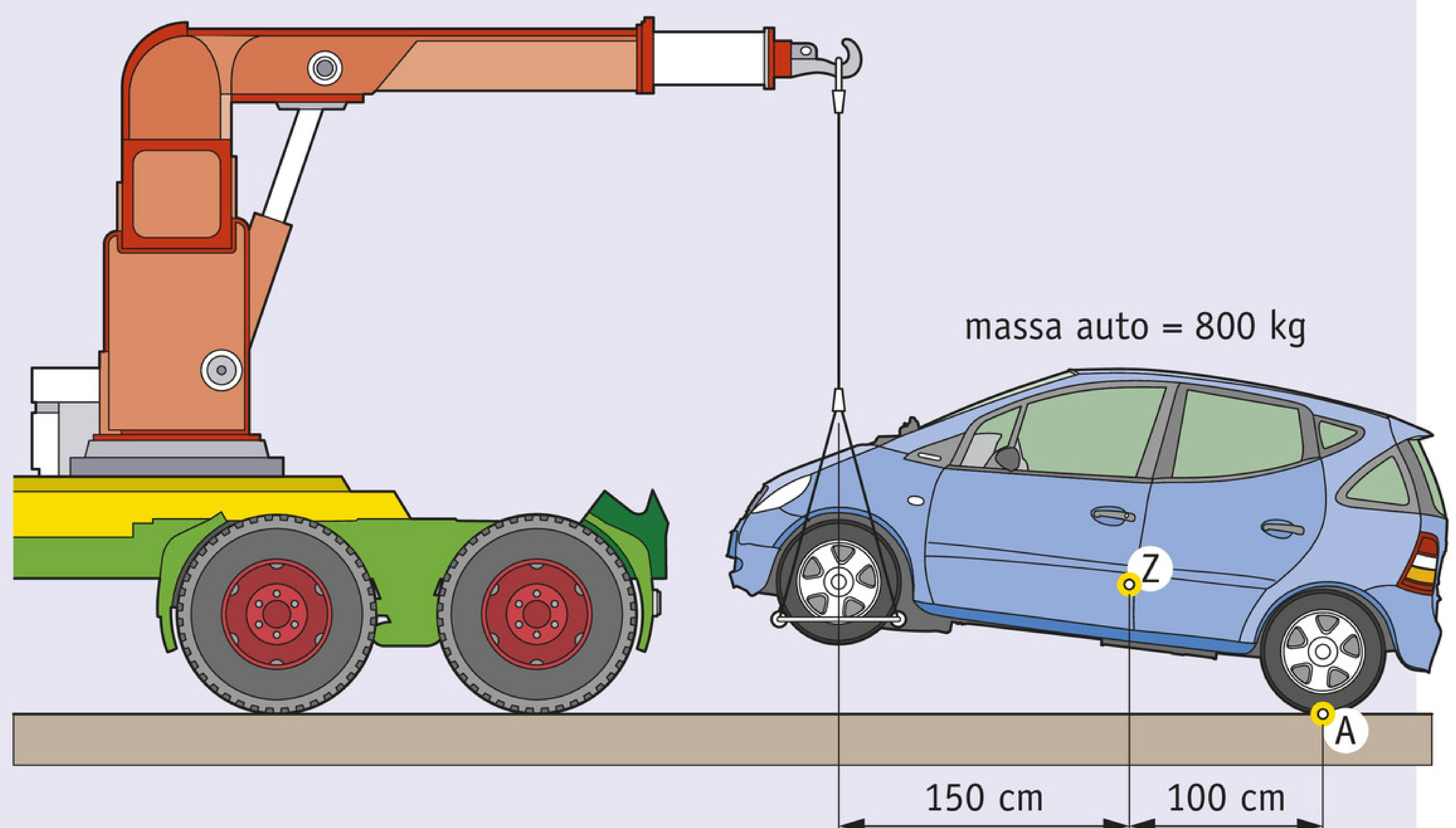
Er zijn ook situaties waarin het massamiddelpunt links of rechts van de draaias ligt (afbeelding 11). In dat geval is het moment van de zwaartekracht groter dan 0 Nm. Dan moet je dit moment ook meerekenen als je de momentenwet gebruikt.



afbeelding 11
a Het massamiddelpunt ligt links van de draaias.
b Het massamiddelpunt ligt rechts van de draaias.

Voorbeeld
Bekijk afbeelding 12. De kabel oefent een spankracht op de auto uit. Bereken de grootte van die spankracht.

1 Ga na waar de draaias zich bevindt.
De kracht van de kabel voorkomt dat de auto linksom draait om de achteras. Je neemt de achteras (punt A in de tekening) dus als draaias.



afbeelding 12
Hoe groot is de spankracht op de auto?

2 Noteer alle krachten en de bijbehorende armen.
F_1 = ... kN $F_z = m \cdot g = 800 \times 10 = 8{,}0$ kN
l_1 = 2,5 m l_2 = 1,0 m
Bij A werkt een normaalkracht op de auto. Omdat de arm van deze kracht 0 m is, hoef je het moment van deze kracht niet mee te rekenen.

3 Gebruik de momentenwet om F_1 uit te rekenen.
Er is evenwicht, dus geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$F_1 \times 2{,}5 = 8{,}0 \times 1{,}0$$
$$F_1 = \frac{8{,}0}{2{,}5} = 3{,}2 \text{ kN}$$

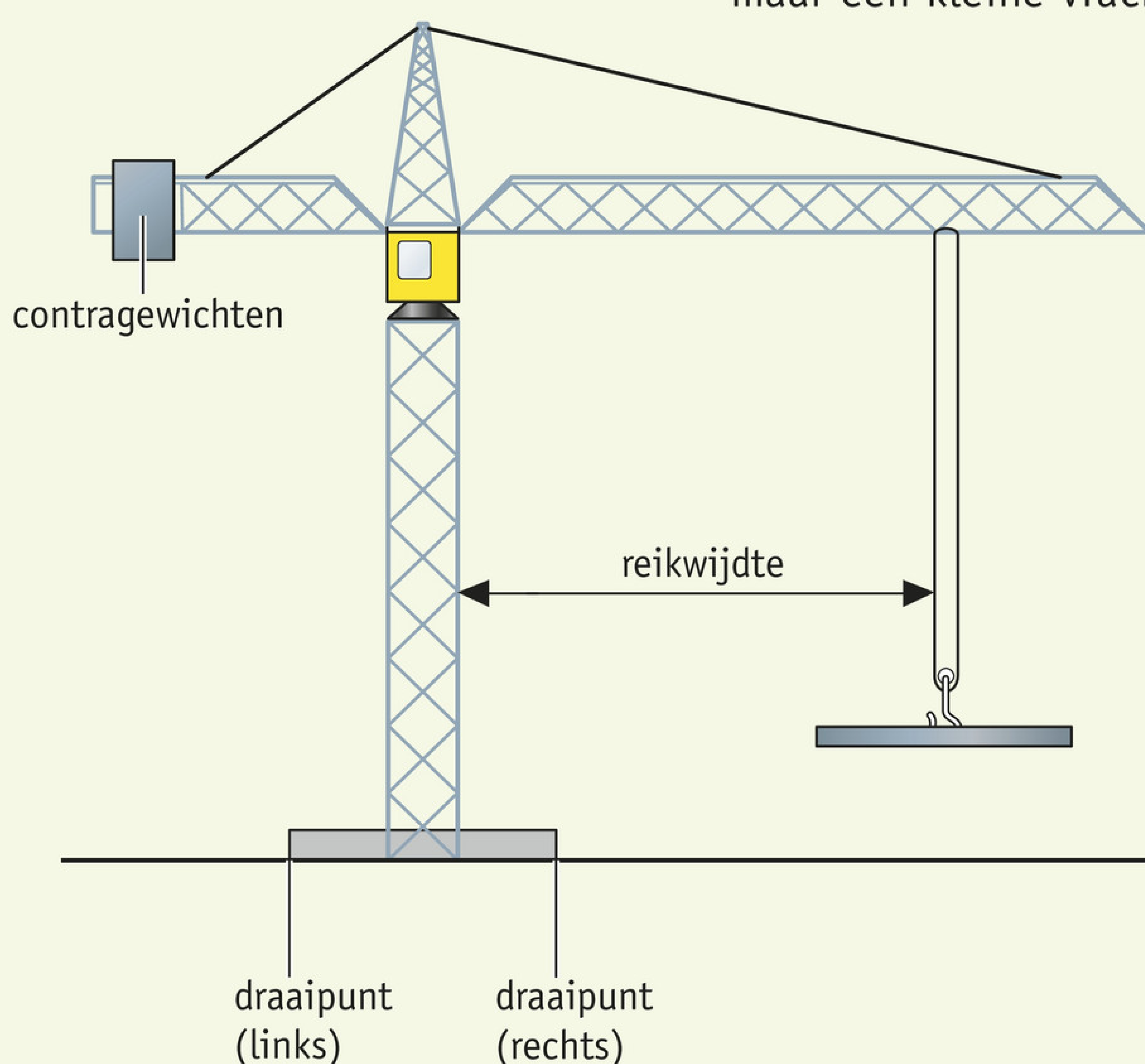
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De torenkraan

Op veel bouwplaatsen worden torenkranen gebruikt om zware voorwerpen op te hijsen of te verplaatsen. De takel van zo'n kraan kan langs de giek heen en weer bewegen. Hoe langer de giek, des te groter is de reikwijdte van de kraan (afbeelding 13).

Als de takel bij de mast vandaan beweegt, wordt de arm van de vracht steeds groter. Als de takel zich op het verste punt bevindt, kan de kraan maar een kleine vracht ophijsen. Anders wordt het moment van de vracht te groot en kantelt de kraan om het rechter draaipunt.

Om te voorkomen dat de kraan kantelt, zijn links van de cabine betonblokken gemonteerd. Deze contragewichten houden de kraan in evenwicht. De contragewichten hebben ten opzichte van het linker draaipunt maar een kleine arm. De kraan mag immers niet linksom kantelen als er geen last aan hangt.



◀ **afbeelding 13**
een torenkraan

3 Katrollen en takels

Met katrollen en takels kun je enorm zware voorwerpen moeiteloos ophijsen. Je kunt zelfs je eigen gewicht ophijsen met maar twee vingers.



▲ **afbeelding 14**
een katrol met een draaischijf en een stalen kabel

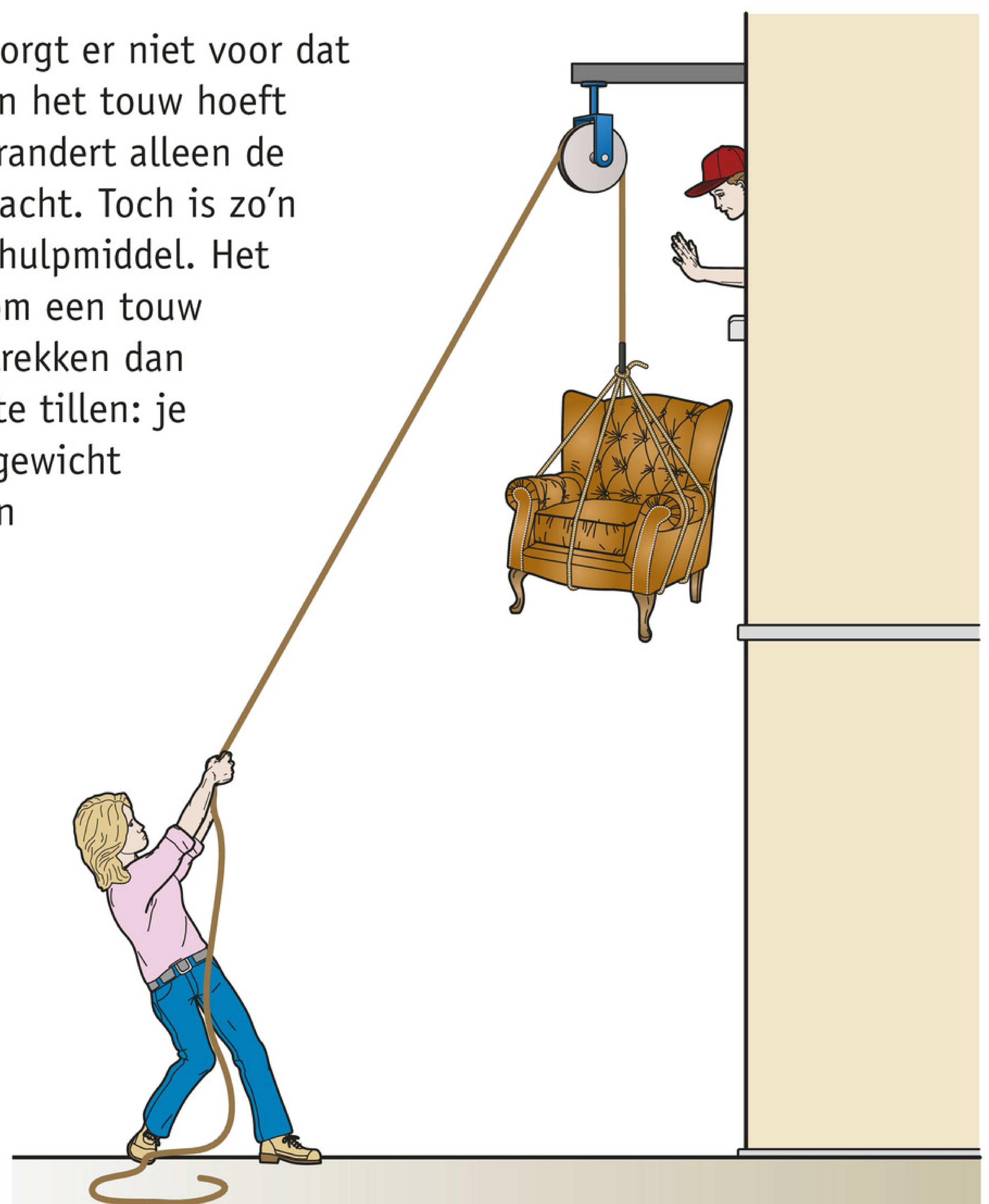
De vaste katrol

Een **katrol** bestaat uit een blok met daarin een platte schijf. Op de zijkant van die schijf zit een groef waar een touw of een kabel in ligt (afbeelding 14).

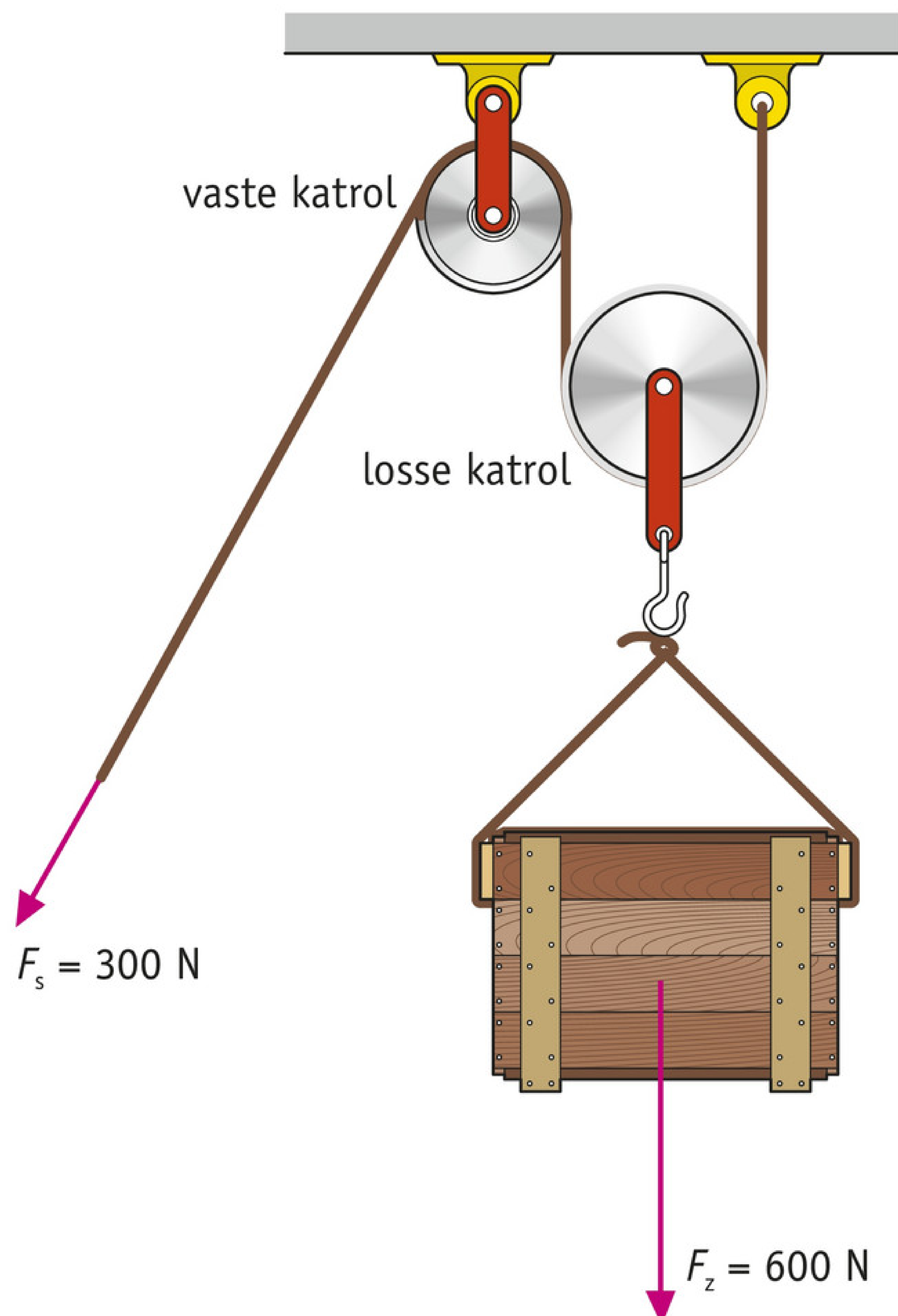
In afbeelding 15 zie je hoe een stoel wordt opgehesen met behulp van een katrol. De katrol zit vast aan het plafond en kan niet op en neer bewegen: het is een **vaste katrol**. De stoel heeft een massa van 20 kg. Er hangt daardoor een last van 200 N aan het touw.

Om de stoel omhoog te hijsen, moet je met een kracht van 200 N aan het touw trekken. In het begin is de hijskracht zelfs nog iets groter dan 200 N, anders komt de stoel niet in beweging. Daarna is een hijskracht van 200 N genoeg om de stoel verder te laten bewegen.

Een vaste katrol zorgt er niet voor dat je minder hard aan het touw hoeft te trekken. Hij verandert alleen de richting van de kracht. Toch is zo'n katrol een nuttig hulpmiddel. Het is gemakkelijker om een touw naar beneden te trekken dan een voorwerp op te tillen: je kunt met je hele gewicht aan het touw gaan hangen.



▶ **afbeelding 15**
hijsen met een vaste katrol



▲ **afbeelding 16**
hijsen met een takel

Hijsen met een takel

Veel voorwerpen zijn zo zwaar dat je ze zelfs met een vaste katrol niet omhoog kunt hijsen. Denk bijvoorbeeld aan een piano die je naar een zolderkamer moet hijsen. Ook al ga je met je hele gewicht aan het touw hangen, de piano komt niet van zijn plaats. In dit soort situaties heb je een **takel** nodig.

In afbeelding 16 is een takel getekend met één vaste en één **losse katrol**. Een losse katrol beweegt op en neer, samen met het voorwerp dat wordt verplaatst. Het voorwerp hangt bij deze takel aan twee stukken touw: het ene uiteinde zit vast aan het plafond, het andere uiteinde heb je zelf in handen.

De kist in afbeelding 16 heeft een massa van 60 kg. De last is dus 600 N. Toch hoef je maar met een kracht van 300 N aan het touw te trekken. Dat komt doordat de kist aan twee stukken touw hangt. Elk stuk touw levert een kracht van 300 N: het stuk touw links doordat jij eraan trekt, het stuk touw rechts doordat het aan het plafond is vastgemaakt. Samen leveren de twee stukken touw 600 N en dat is genoeg om de kist op te hijsen.

Winst en verlies

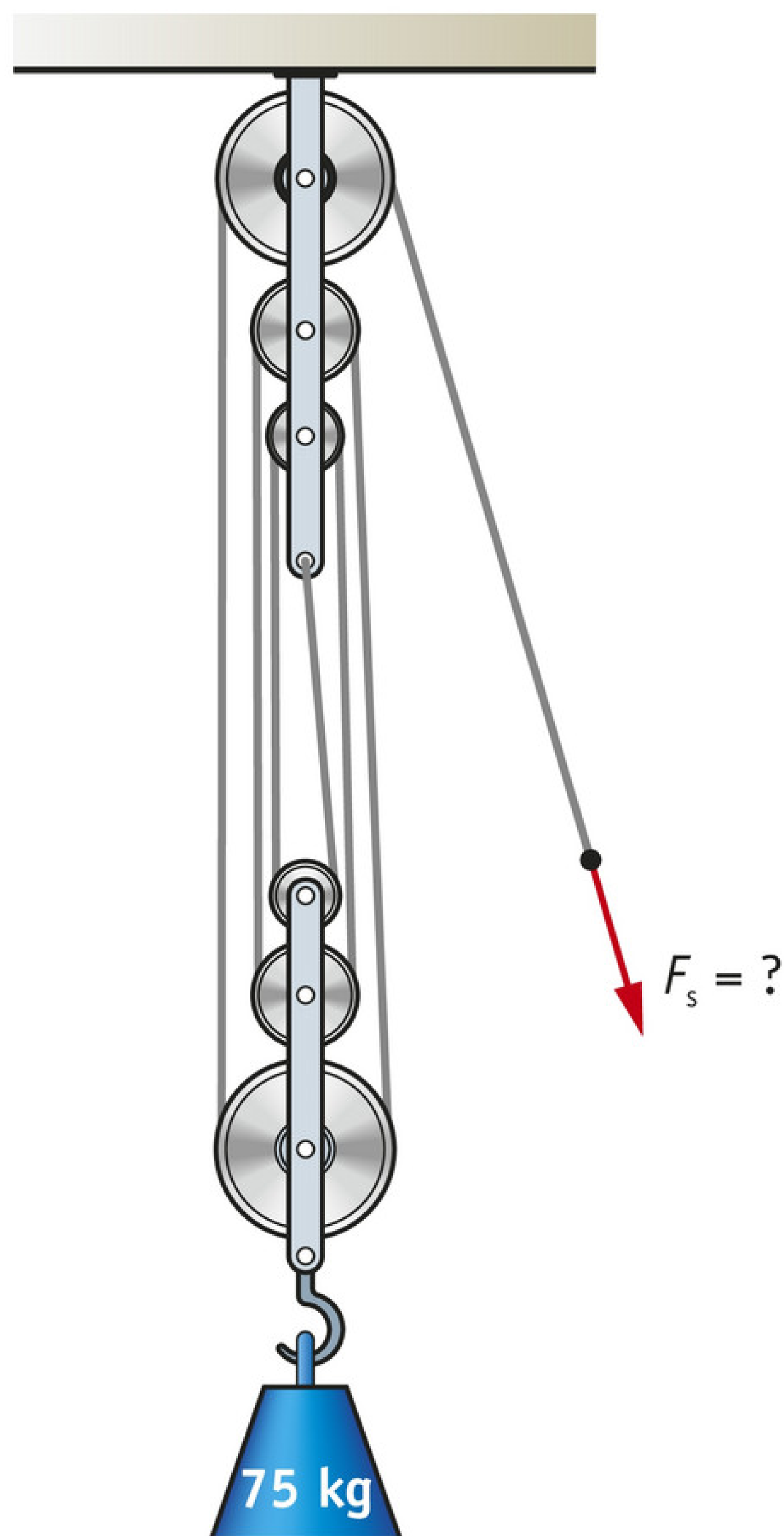
De takel in afbeelding 16 maakt de hijskracht op het voorwerp 2× zo groot (vergeleken met een vaste katrol): je hoeft maar met 300 N aan het touw te trekken om een voorwerp van 600 N omhoog te hijsen. Dat is de winst van de takel.

Maar een takel doet meer dan alleen de kracht ‘vergroten’. Behalve winst is er ook verlies. In afbeelding 16 kun je zien waaraan dat ligt. De twee stukken touw waaraan de kist hangt, moeten allebei korter worden gemaakt. Daardoor gaat de kist maar één meter omhoog als je het touw twee meter naar beneden trekt. Dat is het verlies van de takel.

Veel takels hebben meer dan twee katrollen. Hoe groter het aantal katrollen, des te groter wordt de hijskracht en des te kleiner de hijsafstand. Voor elke takel geldt:

> ***Als het voorwerp aan N stukken touw hangt, wordt de hijskracht N × zo groot en de hijsafstand N × zo klein.***

De hijskracht is de kracht die het touw op het voorwerp uitoefent. De hijsafstand is de afstand die het voorwerp omhoog beweegt.



▲ **afbeelding 17**
grotere kracht, kleinere hijsafstand

Voorbeeld
De takel in afbeelding 17 heeft zes katrollen: drie vaste en drie losse. Alfons wil deze takel gebruiken om een last van 75 kg 8,0 m omhoog te hijsen.
Bereken hoe hard Alfons aan het touw moet trekken en hoeveel meter touw hij moet inhalen.

Het voorwerp hangt aan zes stukken touw, dus $N = 6$.
$m = 75$ kg
$h = 8{,}0$ m

$F_z = m \cdot g$
$= 75 \times 10$
$= 750$ N

De benodigde spierkracht is $F_z : N = 750 : 6 = 125$ N.

Het aantal meters touw is $h \cdot N = 8{,}0 \times 6 = 48$ m.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De bok

Drijvende bokken zijn varende hijskranen. Ze worden onder andere gebruikt om delen van een boorplatform op hun plaats te zetten (afbeelding 18). Om de vracht op te hijsen, heeft een bok verschillende takels: hoofdtakels boven aan de hoofdmast en toptakels boven aan de giek. Omdat de vrachten vaak erg zwaar zijn, heeft elke takel acht of meer katrollen.



Op de vracht werkt een zwaartekracht F_z. Als de hoofdmast en de giek bijna rechtop staan, is de arm van F_z kort. De bok kan dan een zware vracht ophijsen, zonder te kantelen. Als de hoofdmast en de giek schuin naar voren worden gezet, wordt de arm van F_z langer. De vracht moet dan lichter zijn, want het moment van F_z mag niet te groot worden.

◀ **afbeelding 18**
een drijvende bok

4 Druk

Een trekker heeft vaak brede wielen. Daardoor zakt hij niet makkelijk weg in natte grond. Kwestie van gewicht verdelen.

Kracht en oppervlakte

Als het veel heeft geregend, kan een boer niet zomaar met zijn trekker over de akkers rijden. De trekker zou te ver in de natte grond wegzakken. Om dat te voorkomen kan een boer extra wielen op zijn trekker zetten. De trekker zakt dan lang zo ver niet weg (afbeelding 19).



▶ **afbeelding 19**
Hoe meer banden, des te beter het gewicht wordt verdeeld.

Voor de vervorming die een kracht veroorzaakt, zijn twee dingen van belang:
– hoe groot de kracht is die wordt uitgeoefend;
– hoe groot het oppervlak is waarop de kracht werkt.

Hoe groter het oppervlak is, des te beter wordt de kracht ‘verdeeld’ en des te kleiner is de vervorming.
Daarom is het vaak handig om te kijken hoe groot de kracht per oppervlakte-eenheid is. Anders gezegd: hoe groot de druk is.

Druk berekenen

Je kunt de druk uitrekenen met de formule:

$$p = \frac{F}{A}$$

Als je de kracht invult in N en de oppervlakte in m^2, dan vind je de druk in pascal (Pa). Per definitie geldt dat 1 Pa = 1 N/m^2.
Je kunt de oppervlakte ook invullen in cm^2. In dat geval vind je de druk in N/cm^2.

Soms is het nodig om een druk om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Hieronder zie je hoe je dat kunt doen.

Voorbeeld
Een personenauto oefent een druk op de grond uit van 25 N/cm^2.
Hoeveel Pa is dat?

Je moet omrekenen van N/cm^2 naar N/m^2 (Pa).
Er geldt: 1 m^2 = 10 000 cm^2.

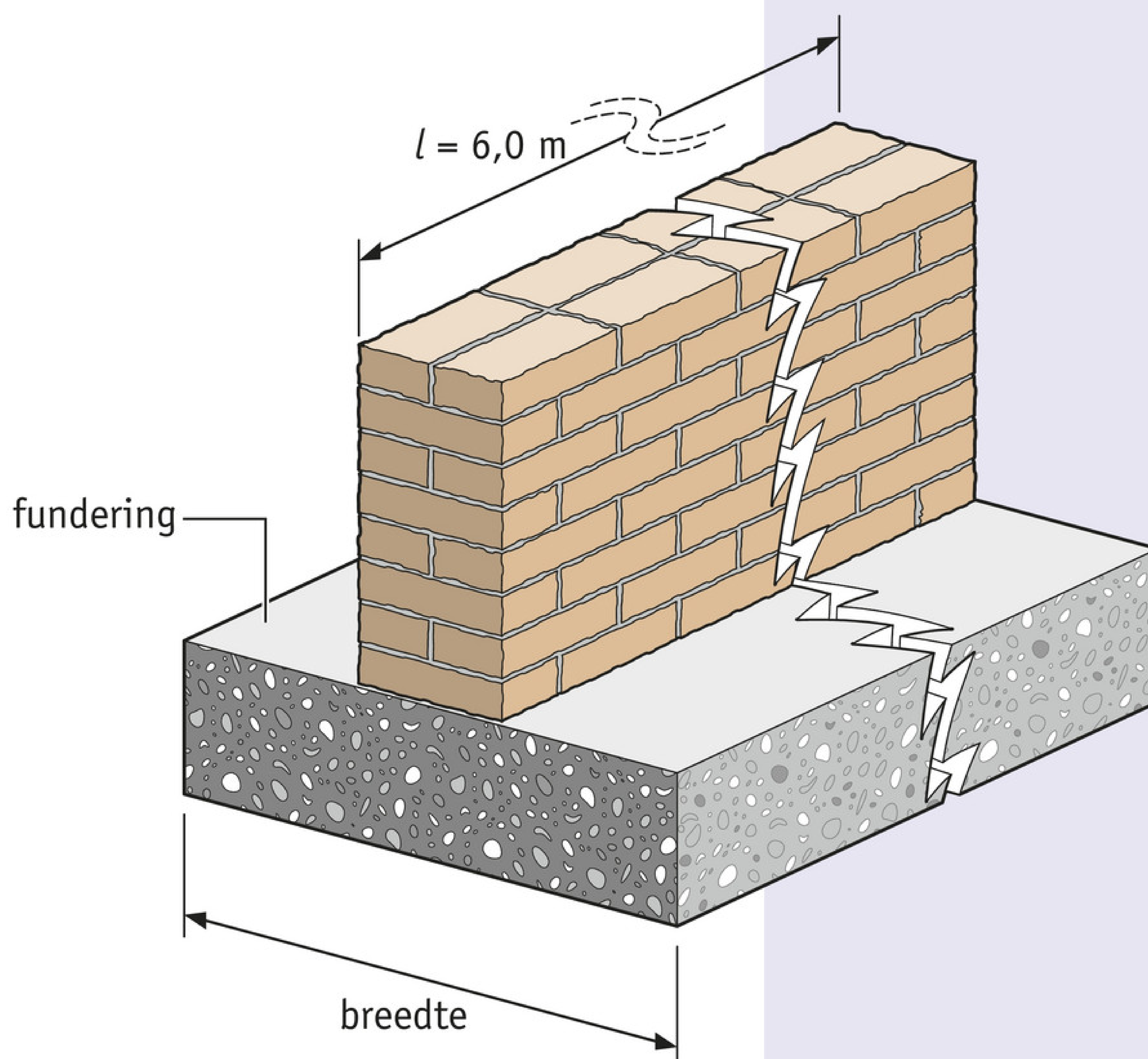
Dus: $\dfrac{25\ \text{N}}{1\ \text{cm}^2} = \dfrac{250\ 000\ \text{N}}{10\ 000\ \text{cm}^2} = \dfrac{250\ 000\ \text{N}}{1\ \text{m}^2} = 250\ \text{kPa}$

De druk kleiner maken

In veel situaties wil je dat de druk onder een bepaalde waarde blijft. Als je een muurtje bouwt langs een terras, mag de druk op de bodem niet zo groot worden dat het muurtje na verloop van tijd in de grond wegzakt.

Je kunt de druk klein houden door lichte bouwmaterialen te gebruiken. Dan doe je iets aan de kracht die wordt uitgeoefend. Je kunt ook de oppervlakte waarop de kracht werkt groter maken. De fundering onder een muur is bijvoorbeeld veel breder dan de muur zelf. Als de fundering breed genoeg is, wordt de druk op de bodem niet zo groot dat de muur verzakt.

▼ **afbeelding 20**
Hoe breed moet de fundering zijn?



Voorbeeld
Een bouwvakker metselt een muur. De muur en de fundering hebben een lengte van 6,0 m (afbeelding 20). De totale massa van alle bouwmaterialen is $1{,}2 \cdot 10^4$ kg.
In de voorschriften staat dat de druk die de muur op de grond uitoefent maximaal 8,0 N/cm^2 mag zijn. Je hoeft geen rekening te houden met het zand dat op de fundering drukt.
Bereken hoe breed de fundering ten minste moet zijn.

$m = 1{,}2 \cdot 10^4$ kg
$l = 6{,}0$ m
$p = 8{,}0$ N/cm^2

$F_z = m \cdot g = 1{,}2 \cdot 10^4 \times 10 = 1{,}2 \cdot 10^5$ N

$$A = \frac{F}{p} = \frac{1{,}2 \cdot 10^5}{8{,}0} = 1{,}5 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 1{,}5 \text{ m}^2$$

$$b = \frac{A}{l} = \frac{1{,}5}{6{,}0} = 0{,}25 \text{ m}$$

De fundering moet dus ten minste 25 cm breed zijn.

De druk groter maken

Er zijn ook allerlei situaties waarin de druk juist wel groot moet zijn. Je kunt daarvoor zorgen door het oppervlak zo klein mogelijk te maken. Denk bijvoorbeeld aan het snijvlak van een mes, de scherpe kant van een bijl, de bek van een nijptang, de punten van een vork, enzovoort.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Een zwaar transport

Voor het vervoer van zware apparaten en grote constructies worden speciale voertuigen gebruikt. In afbeelding 21 zie je hoe een stoomketel op een platformwagen naar zijn bestemming wordt gereden.

Een platformwagen heeft een groot aantal assen, met meestal vier wielen aan elke as. De vele luchtbanden verdelen het gewicht van wagen en lading over een groot wegoppervlak. Hierdoor blijft de druk op het wegdek (en de druk in de banden) binnen de perken.

Hoe zwaarder de lading, des te groter wordt het oppervlak waarover je het gewicht moet verdelen. Voor het vervoer van een viaduct van dik drieduizend ton zijn bijvoorbeeld vier platformwagens nodig, met in totaal meer dan vijfhonderd banden.



◀ **afbeelding 21**
een zwaar transport





7 Stoffen

Werken met stoffen

Er zijn allerlei beroepen waarin mensen met stoffen werken. Of je nu een verkoopster bent in een drogisterij, een chauffeur op een tankauto, een kapper of een brandweerman: kennis over stoffen is onmisbaar in je werk.

1 Stofeigenschappen

Op de verpakking van cosmetica en geneesmiddelen wordt altijd de samenstelling van het product vermeld. Zo weet je welke stoffen er in het product zitten.

Mengsels en zuivere stoffen

In huis gebruik je allerlei stoffen:
– schoonmaakmiddelen, zoals ammonia en zeep;
– voedingsmiddelen, zoals suiker en azijn;
– brandstoffen, zoals aardgas en spiritus;
– cosmetica, zoals handcrème en deodorant;
– geneesmiddelen, zoals aspirine en jodium;
enzovoort.

BEENHAM HONING-WHISKEY
+ HONING-MOSTERDSAUS
Ingrediënten:
varkensvlees (80%); water; zout; maltodextrine; voedingszuren: E262, E325, E330; stabilisator: E451, E452; kruiden; paneermeel (bevat tarwe); honing 0,5%; mosterd, whiskey 0,5%; karamel E150-A; aroma (bevat tarwe, soja); smaakversterkers: E621, E627, E631; antioxidant: E301; conserveermiddel: E250.

▲ **afbeelding 1**
In de saus zitten, naast honing, whiskey en mosterd, nog de nodige andere stoffen.

Bijna al deze producten zijn **mengsels** van verschillende stoffen. Op de verpakking staat daarom informatie over de samenstelling van het product. Kijk maar eens op een flacon met shampoo of een fles limonadesiroop. Die informatie kan belangrijk zijn, zeker als het over je eten gaat. Bijvoorbeeld als je suikerziekte (diabetes) hebt of als je allergisch bent voor bepaalde stoffen (afbeelding 1).

Thuis gebruik je maar een paar (bijna) zuivere stoffen. Suiker en keukenzout zijn de bekendste voorbeelden.

Eigenschappen vaststellen

Om de eigenschappen van een stof te onderzoeken, moet die stof een zuivere stof zijn. Dan weet je zeker dat de onderzochte eigenschappen echt bij die ene stof horen. Daarom werken scheikundigen vaak met zuivere stoffen of met oplossingen waarin maar één opgeloste stof zit.

Sommige eigenschappen van stoffen kun je eenvoudig vaststellen. De **geur** onderzoek je door voorzichtig te ruiken. Sommige stoffen hebben een heel herkenbare geur, zoals ammoniak, chloor en spiritus. Bij de geur van chloor denk je meteen aan een zwembad.

Om de **kleur** vast te stellen, hoef je alleen maar te kijken. Veel stoffen hebben kenmerkende kleuren, zoals goud (geel), kopersulfaat (blauw) en roest (roodbruin).



◀ **afbeelding 2**
Drie stoffen met een kenmerkende kleur. Ze lossen alle drie gemakkelijk op in water.

Andere stofeigenschappen kun je alleen vaststellen door proeven te doen. Dat geldt bijvoorbeeld voor de **oplosbaarheid**. Als je wilt weten of een bepaalde stof oplost in water, ga je dat uitproberen. Je merkt dan dat je veel stoffen gemakkelijk in water kunt oplossen. Voorbeelden zijn keukenzout, koolstofdioxide, suiker en zuurstof. Maar er zijn ook veel stoffen die niet in water oplosbaar zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor vetten.

Voor veel toepassingen is het belangrijk om te weten of een stof **elektriciteit geleidt**. Ook daar kun je alleen achter komen door proeven te doen. Op basis van die proeven kun je stoffen verdelen in geleiders (zoals koper) en isolatoren (zoals glas).

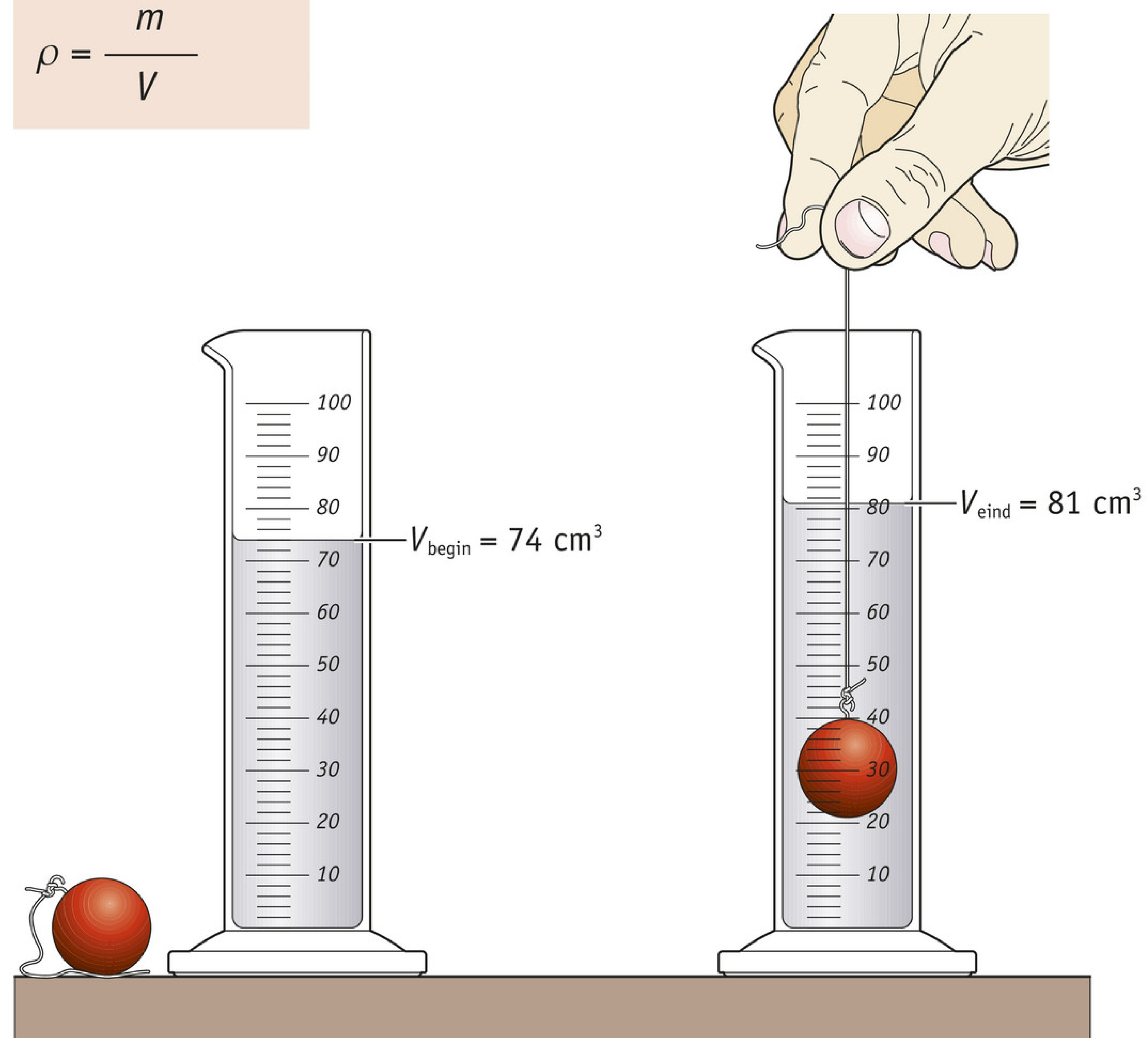
Dichtheid Proef 1

Een belangrijke stofeigenschap is de **dichtheid**. De dichtheid geeft aan hoe zwaar of licht een bepaalde hoeveelheid van een stof is. Lood heeft een grote dichtheid: 11,35 g/cm^3. Dat betekent dat 1 cm^3 lood (een kubusje van 1 bij 1 bij 1 cm) 11,35 g weegt. Aluminium heeft een veel kleinere dichtheid: 2,70 g/cm^3. Een even groot kubusje van aluminium is dus veel lichter dan het kubusje lood.

Om de dichtheid van een vaste stof te bepalen, heb je een voorwerp nodig dat van die stof gemaakt is. Je gaat dan als volgt te werk.

1 Bepaal het volume V, bijvoorbeeld met de onderdompelmethode (afbeelding 3).
2 Bepaal de massa m met een balans of een elektronische weegschaal.
3 Bereken de dichtheid ρ (de massa van 1 cm^3) met de formule:

$$\rho = \frac{m}{V}$$



▶ **afbeelding 3**
Met de onderdompelmethode bepaal je het volume van de kogel.

Het symbool ρ (de Griekse letter rho) staat voor de dichtheid. Als je de massa invult in gram en het volume in cm^3, vind je de dichtheid in g/cm^3.

Voorbeeld
De aluminium kogel in afbeelding 3 heeft een massa van 19 g.
Bereken de dichtheid van aluminium.

m = 19 g
V = 81 – 74 = 7,0 cm^3

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{19}{7,0} = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

Volume uitrekenen

Van rechthoekige voorwerpen kun je het volume uitrekenen. Om het volume van een balk uit te rekenen, gebruik je de formule:

$V = l \cdot b \cdot h$

Hierin zijn l, b en h de lengte, breedte en hoogte van de balk. Als je de afmetingen invult in centimeter (cm), vind je het volume in cm^3. Als je de afmetingen invult in decimeter (dm), vind je het volume in dm^3.

Als de oppervlakte (A) van de balk is gegeven, gebruik je de formule:

$V = A \cdot h$

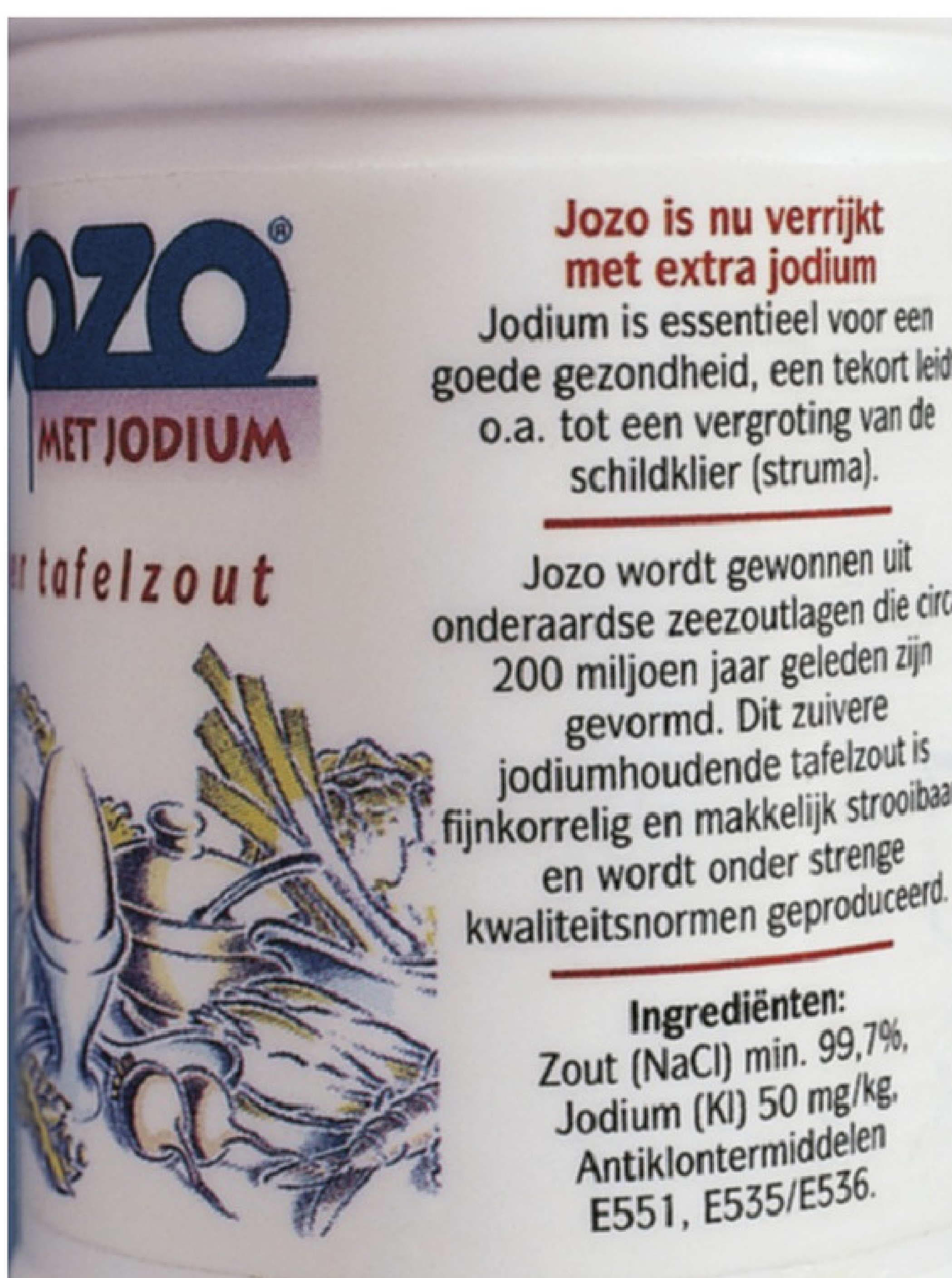
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Keukenzout

Keukenzout bestaat voor meer dan 99% uit natriumchloride. Aan het zout is alleen een beetje antiklontermiddel toegevoegd (afbeelding 4).

Er is ook zout te koop dat jodium bevat. Je kunt dit zout gebruiken om voldoende jodium binnen te krijgen. Gebrek aan jodium kan struma veroorzaken, een ziekte van de schildklier. De aanbevolen hoeveelheid jodium voor een volwassene is 0,15 mg per dag.

Bakkers zijn verplicht om zout te gebruiken met extra jodium. Deze wettelijke maatregel – het zogenaamde broodbesluit – moet ervoor zorgen dat elke Nederlander genoeg jodium binnenkrijgt.



▲ **afbeelding 4**
Het etiket van Jozo-zout: 'Jo' staat voor jodium, 'zo' voor zout.

2 Fasen en faseovergangen

Een koude spiegel beslaat als je ertegenaan ademt. De aanslag bestaat uit de stof water en lijkt uit het niets te komen. Na een tijdje is de aanslag weer verdwenen.



▲ **afbeelding 5**
Benzinedamp (gasvormige benzine) kun je niet zien, maar wel ruiken.

Fasen

De meeste stoffen kunnen in drie verschillende **fasen** voorkomen: als vaste stof, als vloeistof en als gas. De stof water komt bijvoorbeeld voor als ijs, als vloeibaar water en als waterdamp.

De gasvormige fase van water heet waterdamp, niet 'watergas'. Het woord damp gebruik je bij stoffen die onder gewone omstandigheden ook in vloeibare of vaste vorm voorkomen. De gasvormige benzine die je bij een tankstation kunt ruiken, noem je daarom benzinedamp (afbeelding 5). Zuurstof, dat bij kamertemperatuur en gewone druk alleen voorkomt als gas, noem je een gas.

Waterdamp is net als veel andere gassen onzichtbaar. Je kunt bijvoorbeeld niet zien dat mensen behalve lucht ook waterdamp uitademen. Je ziet pas iets als die waterdamp condenseert. Het gasvormige water is dan veranderd in vloeibaar water. Het witte nevelwolkje dat bij koud weer uit je mond komt, bestaat uit heel kleine waterdruppeltjes die in de lucht zweven. Die waterdruppeltjes worden alleen gevormd als de lucht erg koud is.

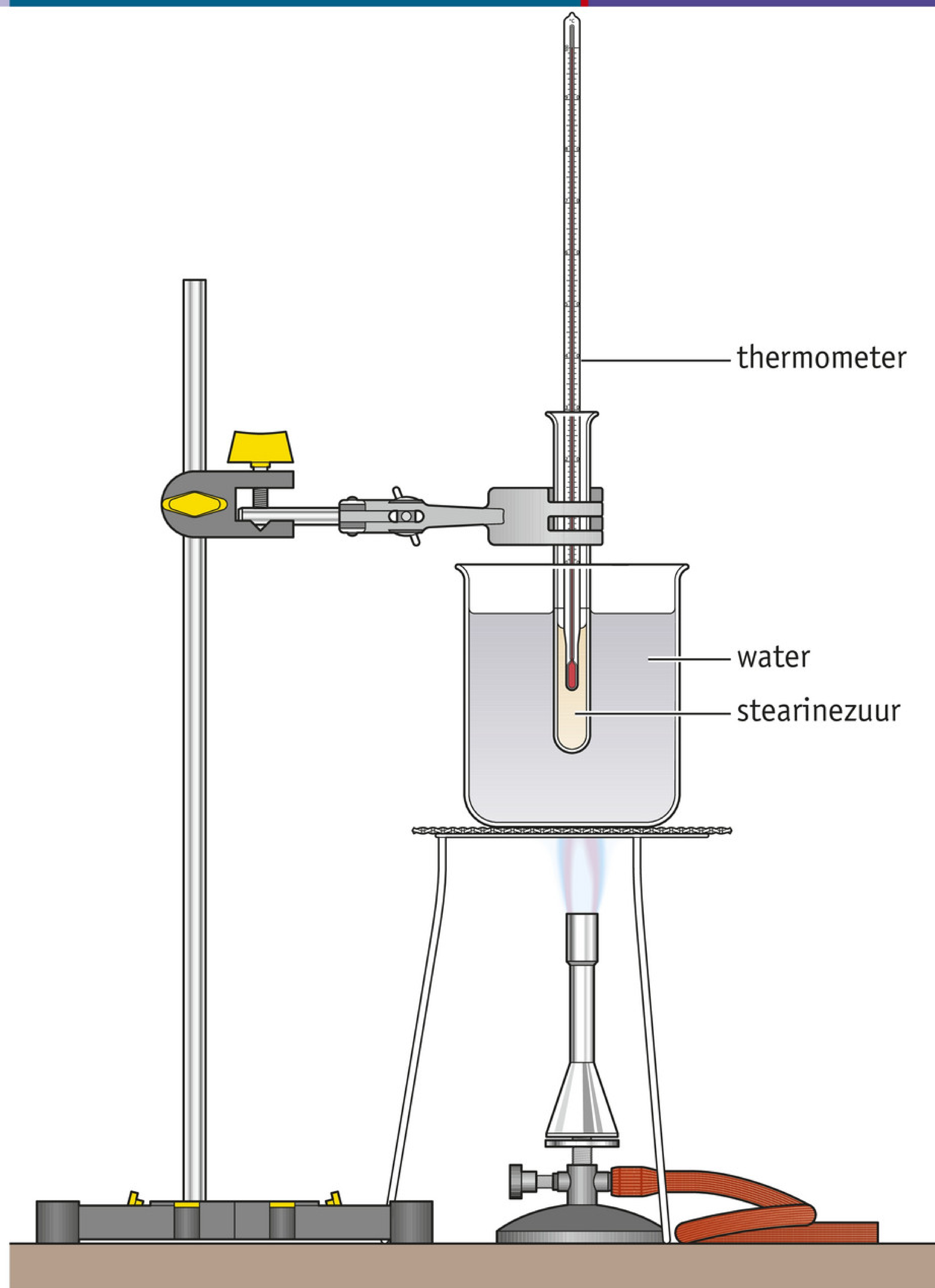
De fase is één van de eigenschappen waaraan je een stof kunt herkennen. Je weet dat bij normale druk en kamertemperatuur suiker vast, alcohol vloeibaar en zuurstof gasvormig is. Een heldere vloeistof kan bij kamertemperatuur dus wel alcohol zijn, maar geen suiker of zuurstof.

▼ **tabel 1** het smeltpunt van enkele zuivere stoffen

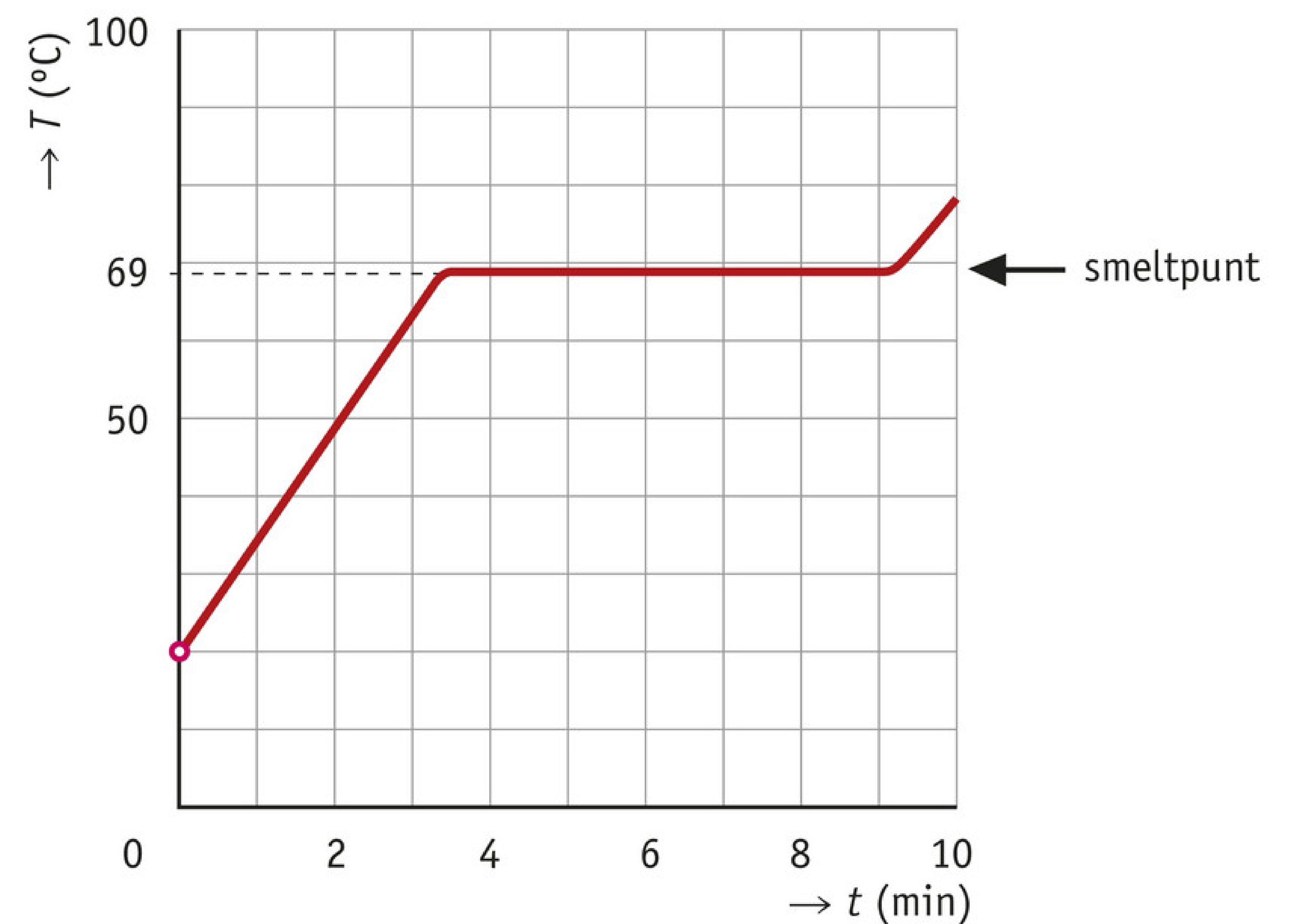
stof	smeltpunt (°C)
alcohol (ethanol)	–114
kwik	–39
water	0
stearinezuur	69
lood	328
keukenzout	801
ijzer	1538
wolfraam	3422

Het smeltpunt van stoffen

Een zuivere stof smelt altijd bij dezelfde temperatuur. Die temperatuur noem je het **smeltpunt** van de stof. Alcohol smelt bijvoorbeeld bij –114 °C, ijs bij 0 °C en lood bij 328 °C. Het smeltpunt is dus een stofeigenschap (tabel 1).



▲ **afbeelding 6**
Met deze proef kun je het smeltpunt van stearinezuur bepalen.



▲ **afbeelding 7**
een (temperatuur,tijd)-diagram van het smelten van stearinezuur

In afbeelding 6 zie je een proef om het smeltpunt van stearinezuur te bepalen. De reageerbuis met stearinezuur wordt verwarmd in een bekerglas met heet water. Met regelmatige tussenpozen wordt de temperatuur van het stearinezuur gemeten.

In afbeelding 7 zijn de meetresultaten van zo'n proef ingetekend in een (temperatuur,tijd)-diagram. Je ziet dat het stearinezuur begint te smelten als de temperatuur 69 °C is geworden. Zolang het stearinezuur smelt, blijft de temperatuur 69 °C. Alle toegevoerde warmte wordt dan gebruikt om de stof te laten smelten. Pas wanneer het stearinezuur volledig is gesmolten, stijgt de temperatuur weer.

Als je het gesmolten stearinezuur laat afkoelen, gebeurt het omgekeerde. Bij 69 °C begint het stearinezuur te stollen. De temperatuur blijft 69 °C tot alle stearinezuur is gestold. Pas daarna daalt de temperatuur verder.



▲ **afbeelding 8**
Een bekerglas met kokende stikstof. Het kookpunt van stikstof is –196 °C.

Het kookpunt van stoffen

Als je water verhit, gaat de vloeistof op een gegeven moment koken. Je ziet dan overal in de vloeistof dampbellen ontstaan. Het water verdampt dus niet alleen aan het vloeistofoppervlak zoals bij 'gewoon' verdampen, maar overal in de vloeistof. De temperatuur waarbij dit gebeurt, noem je het **kookpunt** van water. Zolang de vloeistof kookt, blijft de temperatuur constant 'op het kookpunt'.

Elke stof heeft zijn eigen kookpunt. De hoogte van het kookpunt, oftewel de temperatuur waarbij de vloeistof kookt, is wel afhankelijk van de luchtdruk. Hoe hoger de luchtdruk, des te hoger het kookpunt. Meestal is het kookpunt van een stof opgegeven bij een 'gewone' luchtdruk van 1000 mbar (1000 hPa). Bij water is het kookpunt 100 °C. In tabel 2 staat het kookpunt van een aantal zuivere stoffen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

▼ **tabel 2** het kookpunt van enkele zuivere stoffen

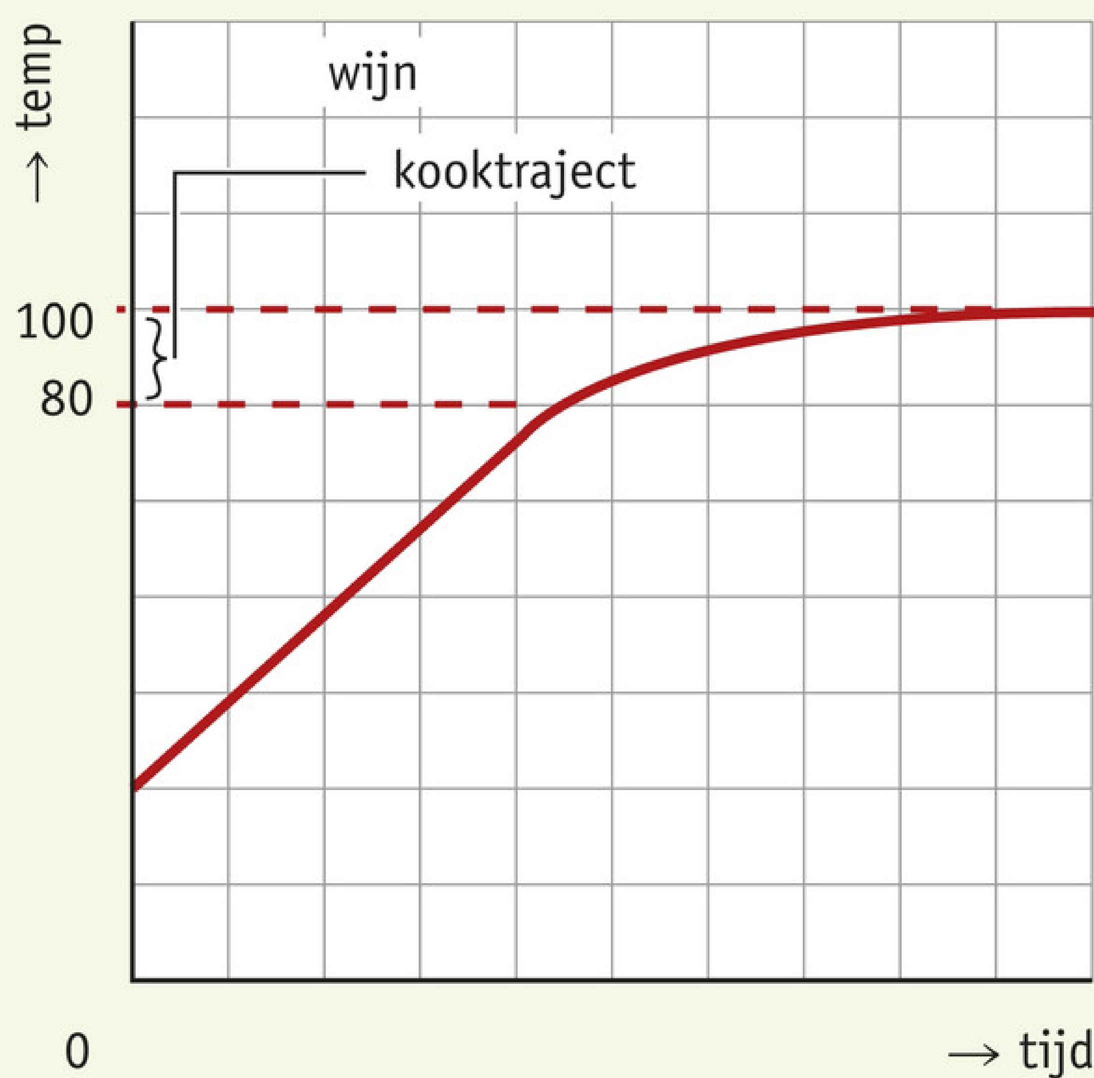
stof	kookpunt (°C)
stikstof	–196
methaan	–162
ether	35
aceton	56
alcohol (ethanol)	78
water	100
olijfolie	297
kwik	357

Plus Het kooktraject van een mengsel

Wijn is een mengsel van voornamelijk water en alcohol. Een fles wijn bevat ongeveer twaalf volumeprocent (12 vol%) alcohol. Dat betekent dat 100 mL wijn 12 mL zuivere alcohol bevat.

Als je wijn aan de kook brengt, zie je dat hij bij ongeveer 80 °C begint te koken. Tijdens het koken loopt de temperatuur langzaam op tot 100 °C. Wijn heeft dus geen kookpunt, zoals zuiver water (100 °C) of zuivere alcohol (78 °C). Tijdens het koken blijft de temperatuur van de wijn niet constant.

Mengsels van vloeistoffen hebben geen kookpunt, maar een kooktraject. Het kooktraject van wijn loopt van 80 tot 100 °C.



◀ **afbeelding 9**
Wijn heeft een kooktraject.

3 Veilig werken met stoffen

Op een fles accuzuur staat de waarschuwing dat de inhoud 'corrosief' is. Dat betekent dat je speciale maatregelen moet treffen om veilig te kunnen werken met accuzuur.

Gevaarlijke stoffen

In het huishouden gebruik je allerlei stoffen die gevaarlijk kunnen zijn. Sommige stoffen zijn **licht ontvlambaar**: ze kunnen gemakkelijk in brand vliegen. Voorbeelden zijn haarlak en wasbenzine. Andere stoffen zijn **irriterend**: ze kunnen huidontstekingen en oogbeschadigingen veroorzaken. Voorbeelden zijn ammonia en ovenreiniger (afbeelding 10).

Veel van de stoffen die je thuis gebruikt, zijn gevaarlijk als je ze inslikt. Nu zul je zelf niet zo gauw een slok afwasmiddel of een hap soda nemen. Kleine kinderen doen dat misschien wel. Daarom moet je schoonmaakmiddelen en medicijnen opbergen op een plaats waar kleine kinderen niet bij kunnen.

Ook al ben je nog zo voorzichtig, toch kan het gebeuren dat een kind een giftige stof binnenkrijgt. Daarvoor bestaat de **gifwijzer**: een folder met informatie over giftige stoffen en planten. In de gifwijzer staat hoe je eerste hulp kunt geven als een kind iets giftigs heeft ingeslikt.



WAARSCHUWING!

Onderstaande aanwijzingen goed lezen en stipt opvolgen.

- Buiten bereik van kinderen bewaren.
- Prikkelend voor de ogen en de huid (gebruik van huishoudhandschoenen gewenst).
- Na aanraking met de huid onmiddellijk wassen met veel water.
- Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.
- Houder onder druk.
- Beschermen tegen de zon en niet blootstellen aan een hogere temperatuur dan 50 °C.
- Ook na gebruik niet doorboren of verbranden.

▲ **afbeelding 10**
Deze waarschuwing staat op een spuitbus met ovenreiniger.

SCHOONMAAKMIDDELEN EN ZEEPPRODUCTEN



Schuimend, bijvoorbeeld:

- allesreiniger
- afwasmiddel
- wasverzachter
- waspoeder
- toiletblokje
- zeep
- shampoo

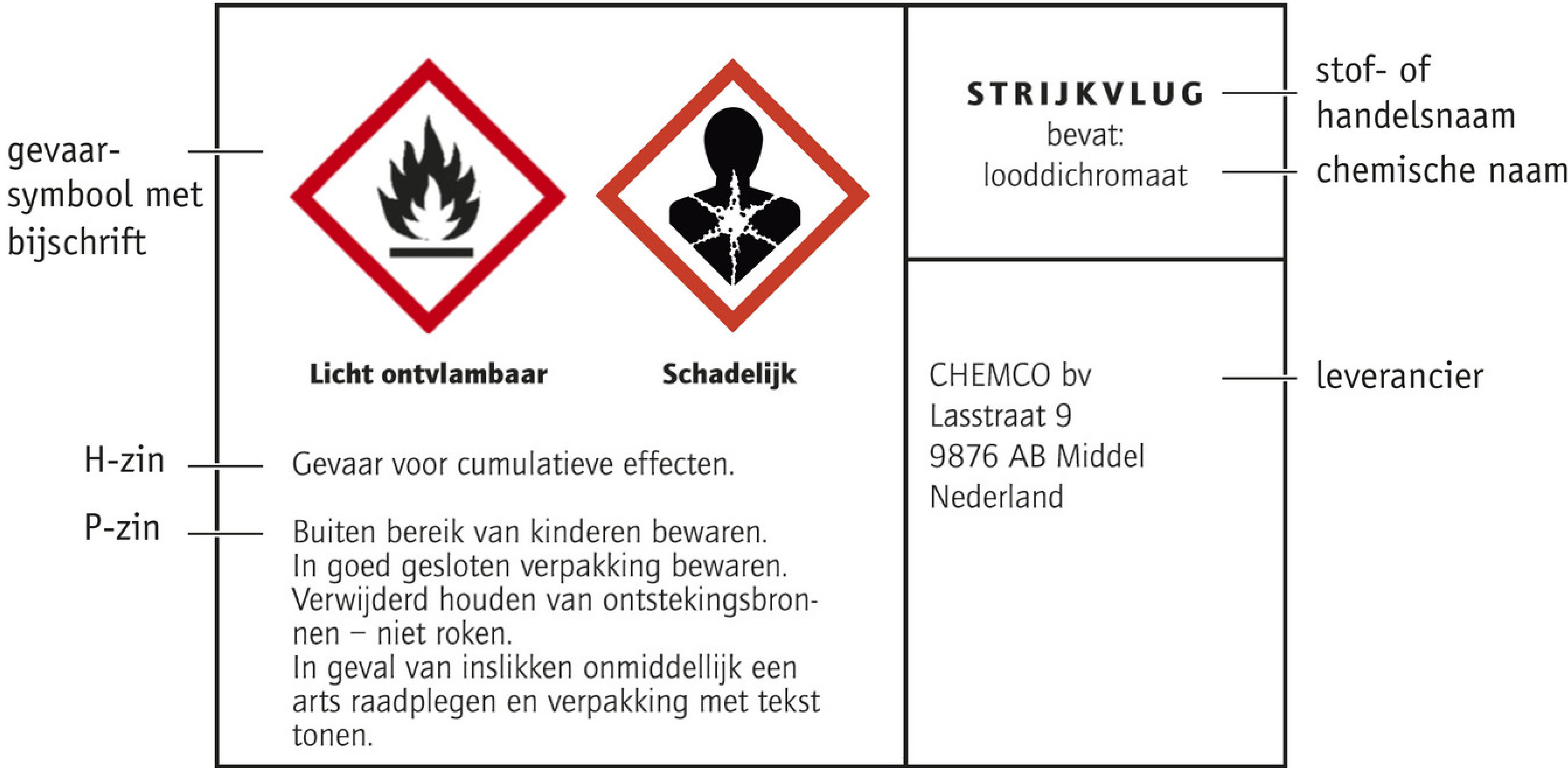
ADVIES

1. **Laat niet braken.**
2. **Geef een klontje boter of een eetlepel slagroom of koffiemelk.**

▲ **afbeelding 11**
een stukje van de gifwijzer

Informatie op etiketten

Op de verpakking van een gevaarlijke stof hoort een duidelijk etiket te staan (afbeelding 12). Dat staat in de wet. Je ziet zulke etiketten niet alleen bij stoffen waar je thuis mee werkt. Je komt ze ook tegen op de potjes en flessen in het natuur- en scheikundelokaal. De overheid heeft regels gemaakt voor de informatie op het etiket.



▲ **afbeelding 12**
de veiligheidsinformatie op een etiket

Om te beginnen moet er op het etiket staan om welke stof het gaat. Bij een oplossing wordt ook de **concentratie** van de stof vermeld. Op een fles met 1 liter schoonmaakazijn kun je bijvoorbeeld lezen dat de concentratie vijf volumeprocent is. Dat betekent dat de oplossing 50 mL azijnzuur bevat (5% van 1 liter is 50 mL). De overige 950 mL is water.

De informatie over de concentratie wordt niet zomaar vermeld. Hoe hoger de concentratie, des te groter is het gevaar. Met geconcentreerd azijnzuur (95%) moet je bijvoorbeeld erg voorzichtig zijn. Met schoonmaakazijn (5%) is er nauwelijks gevaar, terwijl je huishoudazijn (1%) zelfs op de sla kunt doen.


corrosief
Kan allerlei stoffen en ook je huid ernstig aantasten; bijtend.


explosief
Kan door een schok, wrijving of een vonk ontploffen.


licht ontvlambaar
Kan gemakkelijk in brand vliegen; vaak zijn dit snel verdampende vloeistoffen.


brandbevorderend
Kan brandbare stoffen heviger laten branden.


giftig
Kan mensen ernstig ziek maken en kan in het ergste geval tot de dood leiden.


irriterend
Kan de huid en de slijmvliezen irriteren zodat ze gaan ontsteken.


schadelijk
Kan op de lange duur gezondheidsschade veroorzaken (onder andere kankerverwekkende stoffen).


niet mengen
Mag niet met andere stoffen worden gemengd, omdat er dan gevaar kan ontstaan.

▲ **afbeelding 13**
acht gevarensymbolen en hun betekenis

Op etiketten worden gevaren aangegeven met een **pictogram** (afbeelding 13). Zo'n pictogram noem je ook wel een **gevarensymbool**. Verder kun je op het etiket **H- en P-zinnen** tegenkomen. De H staat voor Hazard = gevaar. Een H-zin geeft dus aan voor welk gevaar je moet oppassen. De P staat voor Precaution = voorzorgsmaatregel. Een P-zin geeft aan welke voorzorgsmaatregelen je moet nemen als je met een stof gaat werken.

Op een etiket past niet veel informatie. Daarom wordt er voor elke gevaarlijke stof ook een **veiligheidskaart** gemaakt. Op zo'n kaart kun je lezen wat de gevaren zijn en welke veiligheidsmaatregelen je moet nemen. Ook staat erop wat je bij een ongeluk moet doen.

Veilig werken

Er zijn allerlei regels voor het werken met gevaarlijke stoffen. Als je op school met bijtende stoffen werkt, moet je een veiligheidsbril opzetten, plastic handschoenen dragen en een laboratoriumjas aantrekken. Als je met licht ontvlambare stoffen werkt, moet je zorgen voor goede ventilatie en uit de buurt blijven van open vuur.

Ook als je thuis met stoffen werkt, moet je voorzichtig zijn. Je moet bijvoorbeeld nooit zomaar allerlei schoonmaakmiddelen mengen. De kans bestaat dat er dan giftige gassen vrijkomen (afbeelding 14). Op sommige schoonmaakmiddelen staat daarom het pictogram: niet mengen!



Ongeluk met schoonmaakmiddelen

Een 42-jarige vrouw is met ernstige ademhalingsmoeilijkheden opgenomen in ziekenhuis 'De Maaslanden'. De vrouw had voor het schoonmaken van het toilet een bleekmiddel gebruikt in combinatie met een wc-reiniger. Er ontstond een reactie waarbij het uiterst giftige chloorgas vrijkwam.

◀ **afbeelding 14**
Ook schoonmaakmiddelen kunnen gevaarlijk zijn.

Milieubewust werken

Veel stoffen die je thuis of op school gebruikt, zijn schadelijk. Ze mogen niet in het milieu terechtkomen. Dat betekent dat je ze niet door de gootsteen spoelt, maar apart opbergt en inlevert.

Op school zal je docent je vertellen wat je na een proef met deze stoffen moet doen. Sommige stoffen worden gezuiverd, zodat andere leerlingen ze opnieuw kunnen gebruiken (recycling). Andere stoffen worden behandeld als chemisch afval.



▲ **afbeelding 15**
Dit pictogram betekent: behandelen als klein chemisch afval.

Sommige stoffen die je thuis gebruikt, horen bij het **klein chemisch afval** (kca). Deze stoffen worden apart van het overige afval opgehaald en verwerkt. Op de verpakkingen van deze stoffen is een speciaal symbool aangebracht (afbeelding 15).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

Werken met chemicaliën

Een laborant voert onderzoek uit in een laboratorium. Laboranten kunnen bijvoorbeeld onderzoeken:

- of geneesmiddelen voldoende werkzame stoffen bevatten;
- of producten van een fabriek de juiste samenstelling hebben;
- of iemands bloed ziektekiemen bevat;
- of het afvalwater van een fabriek verontreinigd is;
- enzovoort.

Om deze onderzoeken uit kunnen voeren, moeten laboranten dagelijks met chemicaliën werken.

◀ **afbeelding 16**
een laborant aan het werk

Plus Kwik

Kwik is het enige metaal dat bij kamertemperatuur vloeibaar is. Als je per ongeluk kwik morst, krijg je allemaal kleine druppeltjes die snel verdampen (afbeelding 17). Je kunt de kwikdamp binnenkrijgen door in te ademen. Dat is slecht voor je gezondheid: kwik kan je longen en je hersenen aantasten.

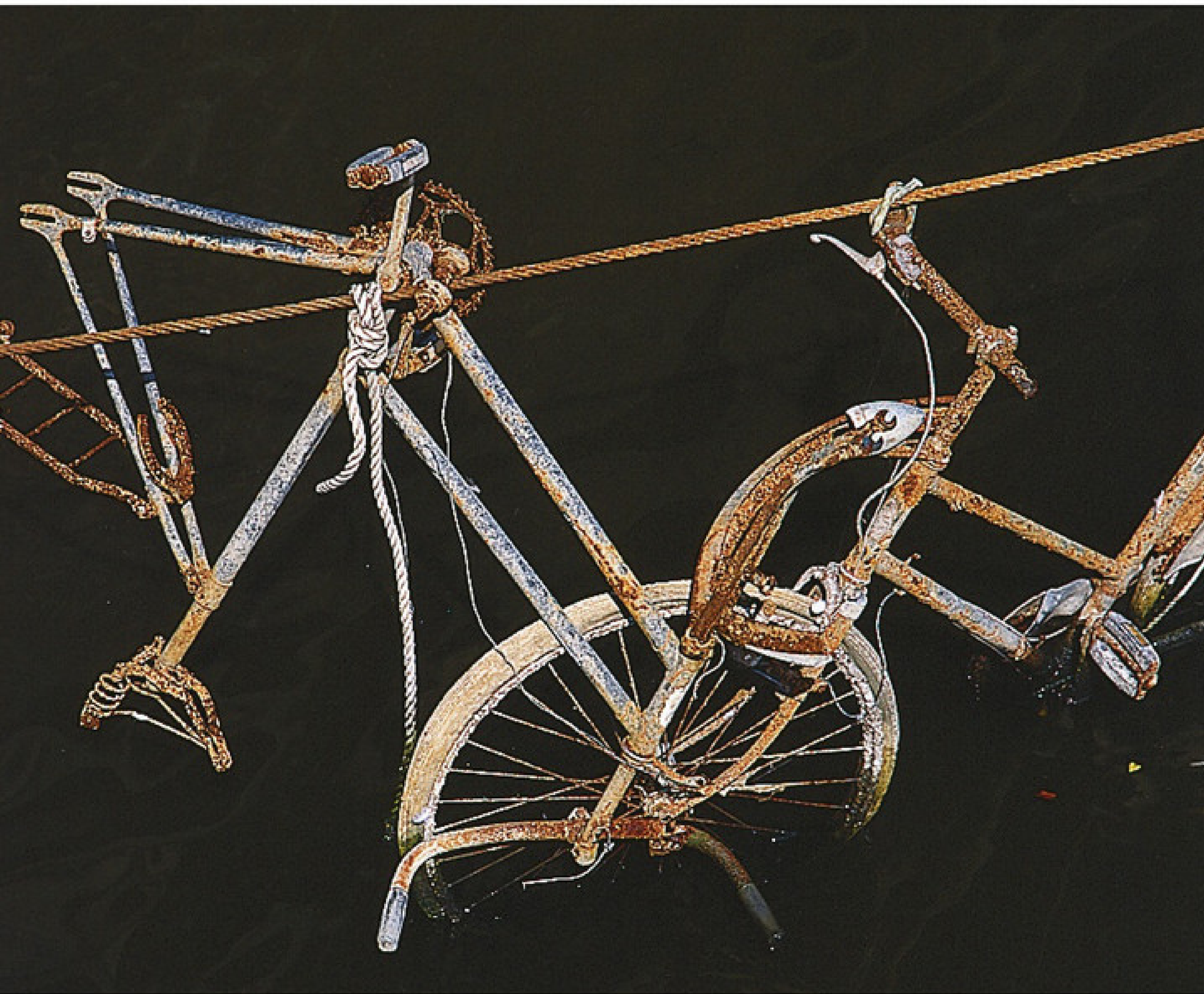
Als kwik in het milieu terechtkomt, wordt het omgezet in het nog giftigere methylkwik. Deze stof wordt gemakkelijk opgenomen door dieren die in het water leven. Vis bevat soms gevaarlijke hoeveelheden methylkwik.

Kwik werd vroeger in allerlei producten toegepast, zoals thermometers, barometers, thermostaten en tl-buizen. Sinds 2003 is het in Nederland verboden om kwikhoudende producten te maken of te verkopen. Dit verbod moet voorkomen dat er kwik in de bodem en het water terechtkomt.



▶ **afbeelding 17**
druppels kwik

4 Chemische reacties



▲ afbeelding 18
roesten: een ongewenste chemische reactie

Rond oud en nieuw wordt op veel plaatsen aan melkbusschieten gedaan. De explosie in de melkbus is een chemische reactie.

Voorbeelden van reacties

Op school en thuis kun je allerlei chemische reacties waarnemen. Soms zijn die reacties gewenst: je wilt dat er een chemische reactie optreedt. Dat is bijvoorbeeld het geval:
- als je beton na het storten laat uitharden;
- als je bakpoeder gebruikt om een cake te laten rijzen;
- als je een koffiezetapparaat ontkalkt met een scheut huishoudazijn.

Maar er zijn ook ongewenste chemische reacties, bijvoorbeeld:
- het roesten van een fiets die dag en nacht buiten staat (afbeelding 18);
- het aanbranden van een stokbrood dat te lang in de oven ligt;
- het ontstaan van chloor als je bleekwater en wc-reiniger mengt.

Reactieschema's

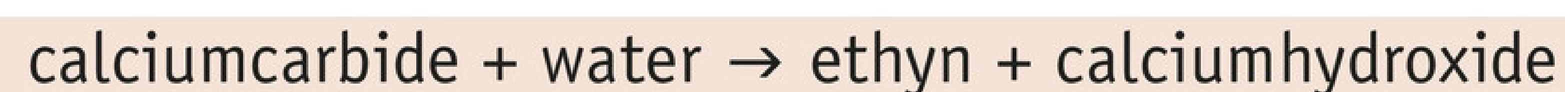
Bij elke chemische reactie verdwijnt minstens één stof, terwijl er tegelijk één of meerdere nieuwe stoffen ontstaan. Als je aardgas verbrandt, verdwijnen methaan (het belangrijkste bestanddeel van aardgas) en zuurstof. Daarvoor in de plaats ontstaan koolstofdioxide en waterdamp.

Je kunt een reactie weergeven in een **reactieschema**. In zo'n schema zet je:
- de stoffen die verdwijnen;
- een pijl;
- de stoffen die ontstaan.

Het reactieschema van de verbranding van aardgas ziet er dan zo uit:


methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water

Bij het melkbusschieten heb je te maken met twee reacties. Eerst leg je calciumcarbide (gewone naam: carbid) in een melkbus. Als je carbid natmaakt, ontstaat het gas ethyn (of acetyleen):


calciumcarbide + water → ethyn + calciumhydroxide

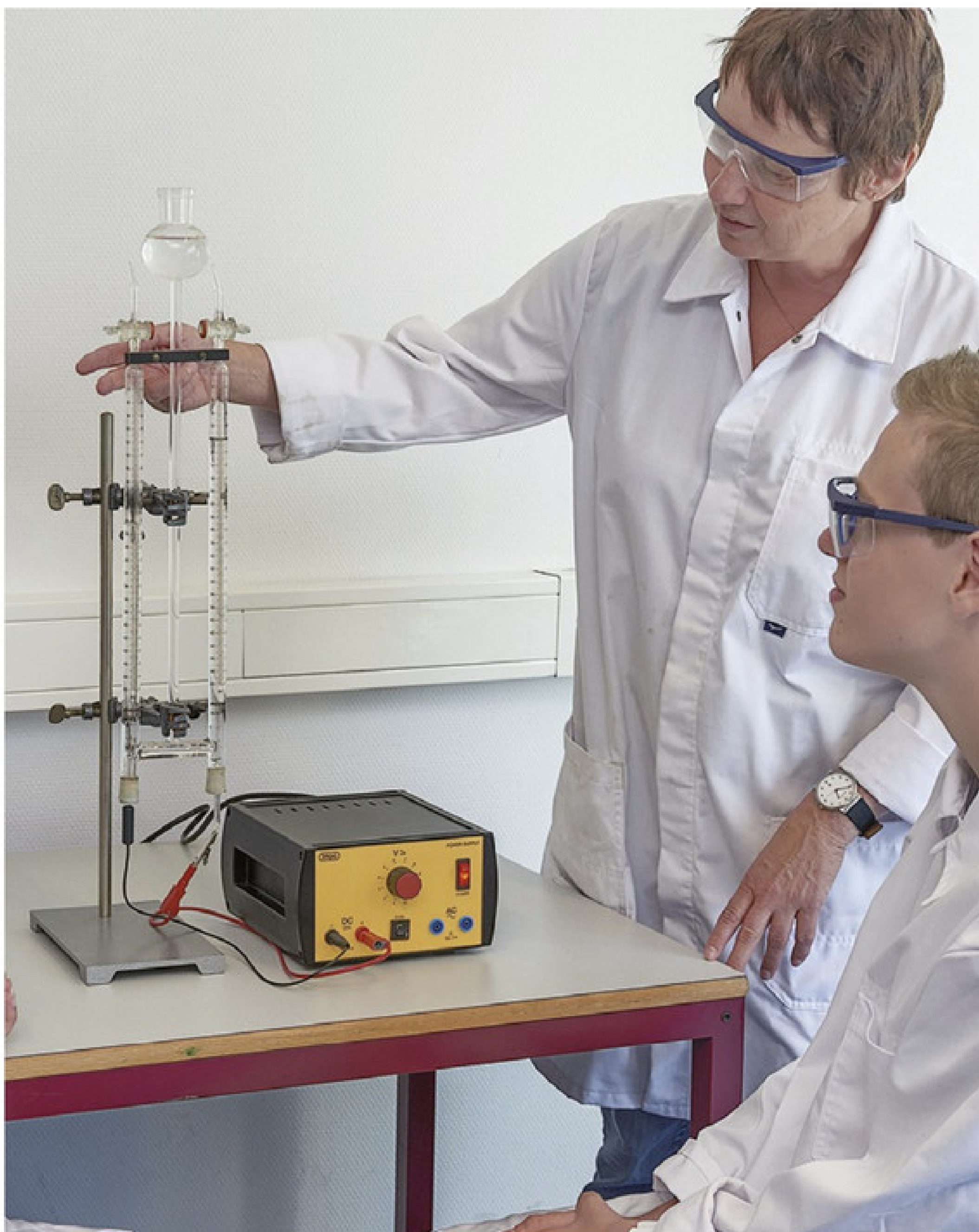
Ethyn vormt met lucht een explosief mengsel. Als je het aansteekt, reageert het zeer snel:


ethyn + zuurstof → koolstofdioxide + water



▶ **afbeelding 19**
Carbidschieten kan ook met iets groters dan een melkbus.

Bij deze reactie komt in korte tijd veel warmte vrij. Het resultaat is een explosie, waarbij het deksel van de melkbus meters ver wordt weggeschoten (afbeelding 19).



▲ **afbeelding 20**
Met deze opstelling kun je water ontleden.

Ontleden

Als je een elektrische stroom door water laat lopen, ontleedt het water (afbeelding 20). Dat betekent dat het water langzaam verdwijnt. Daarvoor in de plaats ontstaan zuurstof en waterstof. Je ziet deze gassen als belletjes in het water omhoog stijgen.

Het **ontleden** van water is een chemische reactie. Het reactieschema is:


water → waterstof + zuurstof

Let erop dat er maar één stof voor de pijl staat. Dat is zo bij elke ontledingsreactie.



▶ **afbeelding 21**
Een leerling van een basisschool maakt appels met een laagje karamel.



▲ **afbeelding 22**
De korst dankt zijn bruine kleur aan de ontleding van zetmeel.

Ontledingsreacties in voeding Proef 2

Veel stoffen ontleden onder invloed van warmte. Dat zie en ruik je bijvoorbeeld als je suiker verhit in een pannetje. Als de temperatuur gestegen is tot 200 à 220 °C, begint de suiker te reageren. Het resultaat is karamel: een bruine stof met een kenmerkende geur en smaak. Karamel wordt gebruikt als kleur- en smaakstof in allerlei gerechten en dranken.

Bij de bereiding van voedsel kom je allerlei ontledingsreacties tegen. De bruine kleur van broodkorst ontstaat bijvoorbeeld door de ontleding van zetmeel in het brooddeeg (gevolgd door andere reacties). Koffiebonen krijgen hun kenmerkende kleur, geur en smaak als ze worden gebrand. Ook daarbij spelen ontledingsreacties een belangrijke rol.

Als je een brood veel te lang in de oven laat zitten, wordt de buitenkant pikzwart. Het ontledingsproces is dan veel te ver doorgegaan. De zwarte stof die overblijft, is koolstof. Het ontstaan van koolstof door een ontledingsreactie heet **verkolen**.

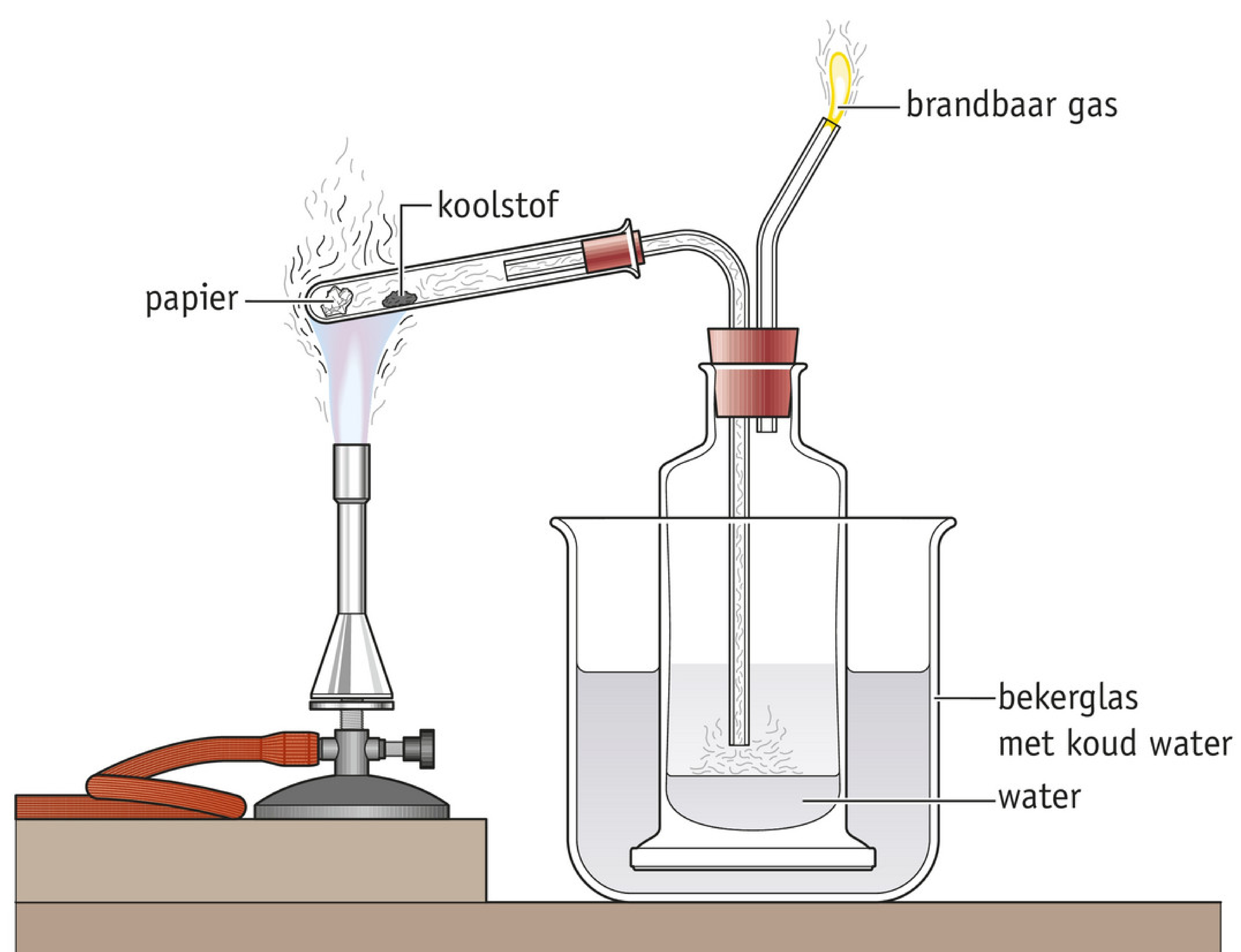
Verbranden

Veel stoffen kunnen reageren met zuurstof uit de lucht. Als dat snel en met vlammen gebeurt, zeg je dat ze verbranden. Het reactieschema van een verbranding heeft de volgende vorm:



brandstof + zuurstof → verbrandingsproducten

Om een verbrandingsreactie op gang te brengen, zijn drie dingen nodig:
- een brandbare stof;
- voldoende zuurstof;
- een temperatuur die hoog genoeg is.



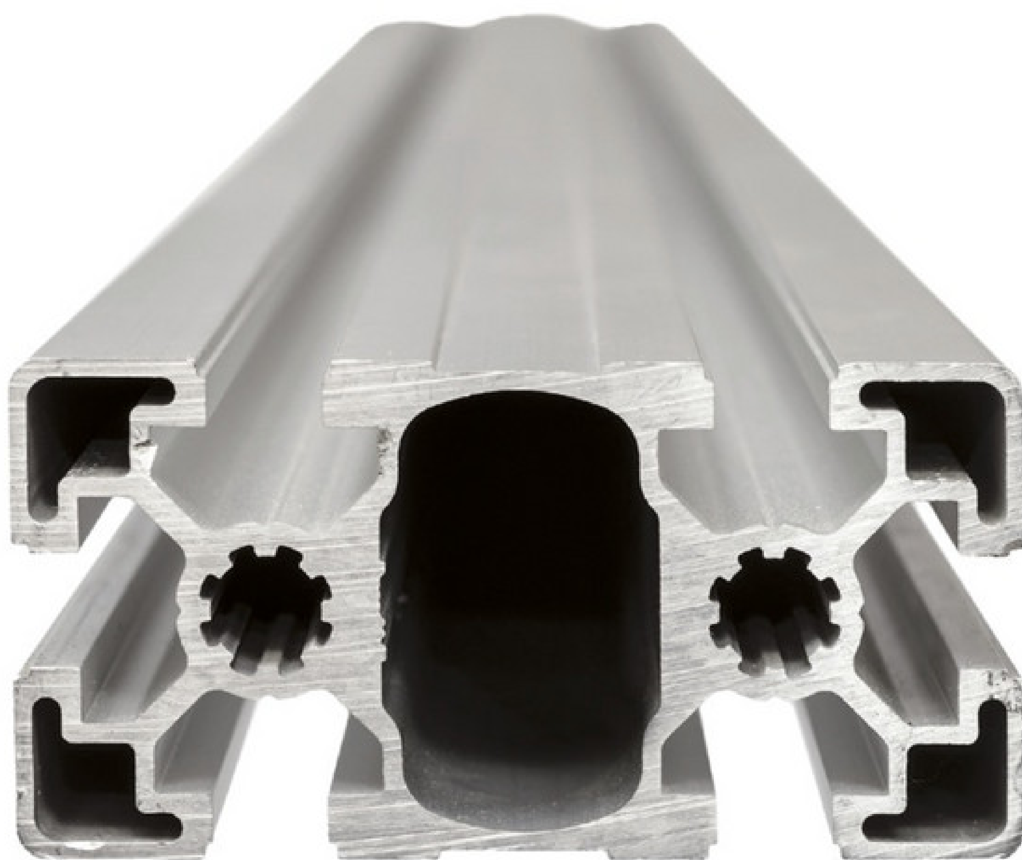
▶ **afbeelding 23**
Bij de ontleding van papier komt een brandbaar gas vrij.

De temperatuur waarbij een stof begint te branden, is voor elke stof verschillend. Licht ontvlambare stoffen ontbranden al bij een lage temperatuur.

Om te kunnen verbranden moet een stof gasvormig zijn. Bij gassen hoef je daar niets voor te doen. Een brandstof zoals aardgas kun je direct mengen met lucht en aansteken. Vloeibare brandstoffen zoals benzine moet je eerst laten verdampen. De damp kun je aansteken, de vloeistof zelf niet. Ook vaste brandstoffen kunnen zelf niet branden. Hout en papier moet je eerst verhitten zodat ze gaan ontleden. De gassen die daarbij ontstaan, kun je in brand steken.

Corrosie

Veel metalen worden aangetast door stoffen in de lucht. Die aantasting heet **corrosie**. IJzer reageert bijvoorbeeld met zuurstof en water uit de lucht. De roodbruine stof die bij deze reactie ontstaat, noem je **roest**.



▲ **afbeelding 24**
Een corrosielaagje beschermt het aluminium tegen verdere corrosie.

Roest vormt een korstje op het ijzeroppervlak. Dat korstje is poreus en laat lucht en water gewoon door. Daardoor wordt het ijzer onder de roest ook aangetast. IJzer roest dan ook na verloop van tijd helemaal door.

Op sommige metalen vormt zich een corrosielaagje dat niet poreus is. Zo'n corrosielaagje beschermt het onderliggende metaal tegen verdere aantasting. Dat zie je bijvoorbeeld bij aluminium, chroom, lood, zink en nikkel. Het stukje aluminium in afbeelding 24 is zojuist doormidden gezaagd. Op de zijkant heeft zich nog geen nieuw corrosielaagje gevormd. Daarom glanst de zijkant nog mooi. De rest van het aluminium is dof omdat er een corrosielaagje op zit.

Er zijn ook metalen die niet gevoelig zijn voor corrosie. Goud en zilver zijn de bekendste voorbeelden.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Waterstof

Bij de verbranding van benzine in een automotor ontstaan grote hoeveelheden koolstofdioxide. Dit gas is mede verantwoordelijk voor de stijging van de temperatuur op aarde: het versterkte broeikaseffect (hoofdstuk 3). Ook ontstaan er stoffen die zure regen en smog veroorzaken.

Er is een brandstof die al deze nadelen niet heeft: waterstof. Als je waterstof verbrandt, ontstaat er alleen onschadelijke waterdamp:



Waterstof is eenvoudig op een duurzame manier te produceren met elektrische energie uit zonnecellen of windturbines. Als alle auto's op waterstof konden rijden, zou de milieuvervuiling sterk afnemen. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar manieren om waterstof te produceren, op te slaan en te vervoeren. Er zijn al auto's die op waterstof rijden (afbeelding 25).



▶ **afbeelding 25**
Deze auto rijdt op waterstof.


CRAFT
CRAFT
CRAFT
CRAFT

8 Materialen

Materialen gebruiken

Om bijzondere prestaties te kunnen leveren, heb je bijzondere materialen nodig. Een tennisracket wordt daarom niet meer van hout gemaakt, maar van carbon: een modern materiaal dat heel sterk, stijf en licht is.

1 Materialen toepassen

Mensen maken huizen van allerlei materialen: van steen, van hout, van gedroogde modder, van riet en zelfs van sneeuw. Welk materiaal er wordt gekozen, hangt af van zowel de toepassing als de eigenschappen van het materiaal.

Materialen gebruiken

Om gebouwen, verpakkingen, kledingstukken, gereedschap, muziekinstrumenten of wat dan ook te maken, heb je **materialen** nodig. Je gebruikt bijvoorbeeld baksteen voor de bouw van huizen, kunststoffolie voor verpakkingen, katoen voor T-shirts, staal voor zaagbladen, hout voor gitaren, enzovoort.

Veel gebruikte materialen zijn:
- baksteen
- beton
- hout
- glas
- rubber
- metalen (zoals staal en aluminium)
- kunststoffen (zoals pvc en PE)
- natuurlijke vezels (zoals wol en katoen)

Elk materiaal heeft eigenschappen die het geschikt maken voor sommige toepassingen en ongeschikt voor andere.

Hout

Hout is een geschikt constructiemateriaal voor een stoel. Zo is hout goed bestand tegen druk- en trekkrachten. Dat is voor deze toepassing beslist nodig: op een stoel worden flinke krachten uitgeoefend als mensen erop zitten, hangen, erop staan, enzovoort.

Je kunt hout bewerken door het te schaven, te zagen, te draaien, erin te boren en te vijlen. Bij deze bewerkingen geef je een bepaalde vorm aan het hout door materiaal weg te halen. De stukjes materiaal die je weghaalt (krullen als je schaaft, zaagsel als je zaagt, enzovoort) noem je spanen. Je zegt daarom dat hout gemakkelijk **verspaanbaar** is. Dat is een belangrijke eigenschap voor een constructiemateriaal.

Met een constructiemateriaal moet je ook stevige **verbindingen** kunnen maken. Hout is wat dat betreft een heel veelzijdig materiaal. Je kunt houten onderdelen op allerlei manieren met elkaar verbinden: met spijkers, met schroeven, met pennen, met lijm en met bouten en moeren.

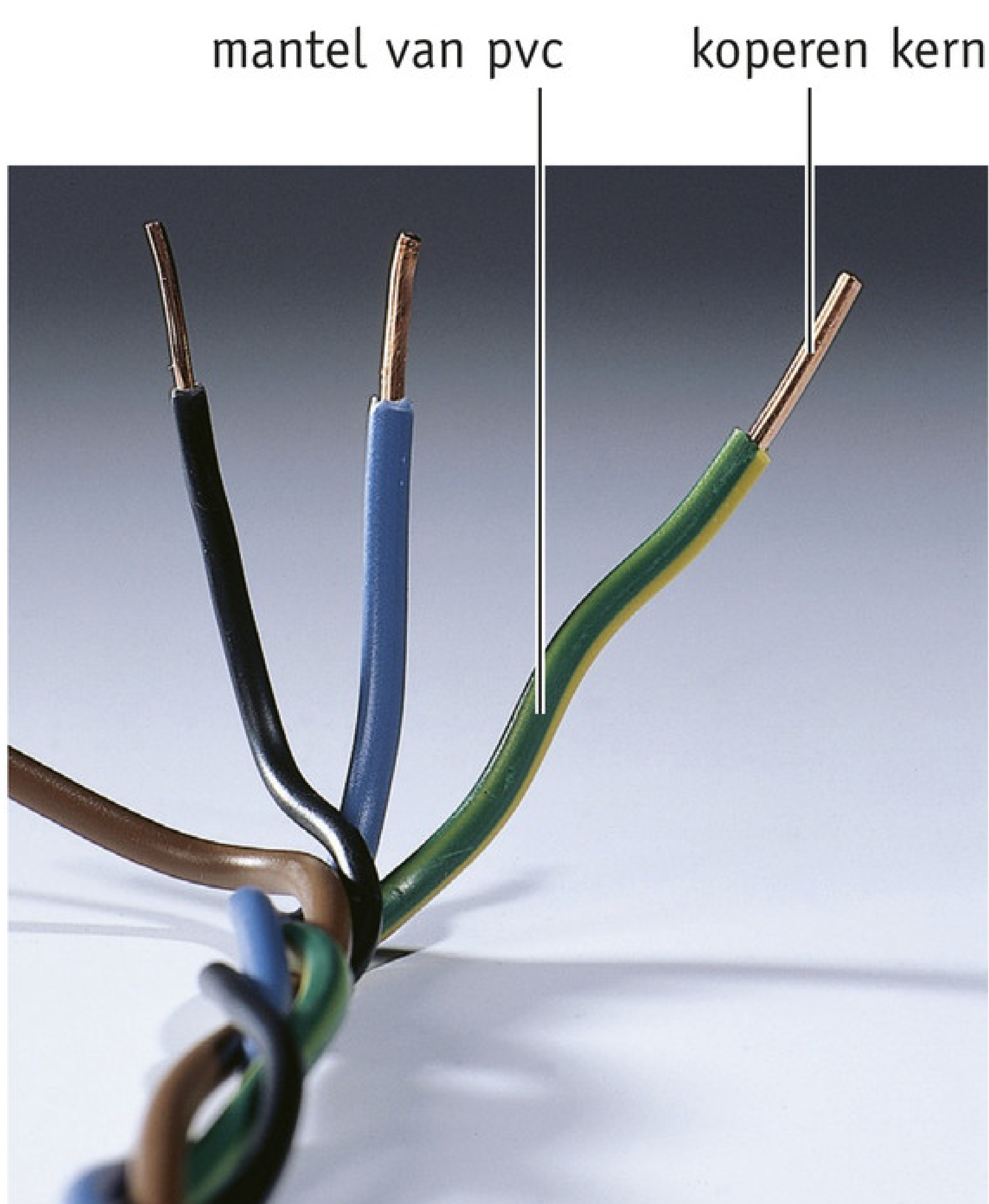


BEROEPENORIËNTATIE

Precisiewerk

Ook veel metalen zijn goed verspaanbaar. Omdat metaal vaak erg hard is, heb je daarvoor speciaal gereedschap nodig. Met behulp van een draaibank kun je een metalen staaf de gewenste vorm geven. De draaibank moet je zo programmeren dat hij op de juiste plek precies genoeg materiaal verwijdert. Een machinebankwerker werkt dagelijks met een draaibank (afbeelding 1). Opleidingen in deze richting zijn bijvoorbeeld mbo Fijnmechanische techniek en mbo Metaalbewerken.

◀ **afbeelding 1**
een machinebankwerker achter de draaibank



▲ **afbeelding 2**
installatiedraad: een koperen kern met een isolatielaag van pvc

Koper en pvc

Koper en pvc kom je tegen in elektriciteitsinstallaties. Voor de leidingen wordt installatiedraad met een koperen kern gebruikt (afbeelding 2). Voor dit metaal is gekozen, omdat koper een uitstekende geleider van elektriciteit is. Bovendien is massief koperdraad buigzaam en sterk.

Om de koperen kern zit een isolatielaag van pvc (polyvinylchloride). Deze kunststof isoleert goed, laat geen lucht en water door en is erg duurzaam: installatiedraad kan zonder problemen tientallen jaren in een woning blijven zitten.

Pvc kan gemakkelijk worden gekleurd. Ook dat is een pluspunt, omdat voor installatiedraad een kleurcode geldt (fasedraad bruin, nuldraad blauw, schakeldraad zwart, aarddraad groen-geel).

Glas

Vroeger werden bijna alle dranken verpakt in glazen flessen. De voordelen daarvan zijn duidelijk. Glas houdt zowel vloeistoffen als gassen tegen: wat in de fles zit, kan niet naar buiten, en wat buiten de fles is, kan niet naar binnen. Verder geeft glas geen stoffen af aan de vloeistof in de fles en wordt het niet aangetast door de zuren die in veel dranken zitten. Ook kun je op glas eenvoudig een etiket aanbrengen met informatie over de inhoud.

Tegenover al die voordelen staat één belangrijk nadeel: glas is niet erg sterk. Daarom wordt voor flessen dik glas gebruikt. Glazen flessen zijn daardoor zwaar. Dranken worden tegenwoordig dan ook vaak in andere materialen verpakt: blik, aluminium, pet (polyethyleen-tereftalaat, een doorzichtige plasticsoort) en karton met een dun laagje kunststof (afbeelding 3). Met deze materialen kunnen sterkere en lichtere verpakkingen worden gemaakt.



▶ **afbeelding 3**
verschillende manieren om vloeistoffen te verpakken

Polyetheen

De kunststof polyetheen (PE) wordt op grote schaal gebruikt. Er zijn verschillende soorten PE, waarvan LDPE (lage dichtheid PE) en HDPE (hoge dichtheid PE) de belangrijkste zijn (afbeelding 4). LDPE heeft een dichtheid van circa 0,92 g/cm^3, HDPE van circa 0,95 g/cm^3.

LDPE is taai en buigzaam. Het wordt gebruikt als verpakkingsfolie en als landbouwplastic. Plastic tassen, diepvrieszakjes en plastic wegwerphandschoenen zijn ook van LDPE gemaakt. Voor voorwerpen die stevig moeten zijn, zoals een emmer of een speelgoedauto, is LDPE niet geschikt. Daarvoor vervormt het te gemakkelijk.

HDPE is veel stijver dan LDPE. Het wordt onder andere gebruikt voor emmers, kratten, benzinetanks en speelgoed. Vloeistoffen zoals melk, water, shampoo en afwasmiddel worden vaak verpakt in flessen van HDPE. HDPE heeft dezelfde voordelen als glas, maar is veel sterker: HDPE is taai en vrijwel onbreekbaar. Er kunnen lichte, sterke flessen van worden gemaakt.

Rubber

De meest opvallende eigenschap van rubber is dat het zo elastisch is. Als je er een kracht op uitoefent, vervormt het gemakkelijk. Maar als de kracht verdwijnt, krijgt het zijn oorspronkelijke vorm meteen weer terug. Dat komt doordat in rubber een veerkracht ontstaat als je het vervormt. Die veerkracht zorgt ervoor dat het materiaal weer terugveert als de kracht wegvalt.







◀ **afbeelding 4**
HDPE en LDPE herken je aan deze symbolen.



▶ **afbeelding 5**
een sleepboot met dikke rubber fenders (stootkussens)

Rubber is heel geschikt om voorwerpen te beschermen tegen botsingen. Daarom heeft de sleepboot in afbeelding 5 een dikke stootrand van rubber. Doordat het rubber meegeeft, zijn de krachten tijdens een botsing kleiner: de klap komt veel minder hard aan.

Rubber is niet alleen heel elastisch, het houdt ook vloeistoffen en gassen tegen. Daarom wordt rubber veel gebruikt voor slangen. Denk aan de benzineslangen van een benzinepomp, de gasslangen van een gasfornuis en de brandslangen van een brandweerauto.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Tenten ontwerpen

Elk soort tent is ontworpen voor een bepaalde groep gebruikers. De tent in afbeelding 6 is bedoeld voor 'backpackers': mensen die reizen met alleen een lichte rugzak als bagage. Zo'n tent is natuurlijk niet geschikt voor een gezin dat lekker luxe wil kamperen.

Een ontwerper moet goed kijken naar het doel van de tent: niet alleen bij het kiezen van het model, maar ook bij de materiaalkeuze. Voor een backpacker is een laag gewicht erg belangrijk. Een ontwerper kiest in dat geval voor materialen met een lage dichtheid: aluminium voor de tentstokken, nylon voor het tentdoek en titanium voor de haringen.

Voor mensen die luxe willen kamperen, staat het comfort voorop. Ontwerpers kiezen dan vaak voor tentdoek van 'zwaargewicht' katoen. Dat is vochtregulerend en ademend, waardoor het klimaat in de tent aangenaam is.



▲ **afbeelding 6**
een ultralichte tent voor de echte backpacker

2 Van grondstof tot product

In blik kun je voedsel lang bewaren. Blik bestaat uit ijzer waarop een dun laagje tin is aangebracht. Het maken van zo'n conservenblik is een bewerkelijk proces.

Een productieproces

Een product zoals een tuinstoel, een rugzak of een frisdrankblikje wordt niet in één keer gemaakt. Zo'n product is het resultaat van een **productieproces** dat uit een groot aantal stappen bestaat. Elke stap is nodig om het doel dichterbij te brengen: een bruikbaar en goed verkoopbaar eindproduct.

Een productieproces begint bij **grondstoffen,** die vaak afkomstig zijn uit de natuur. Het eindigt bij het **eindproduct** dat klaar is voor gebruik. De stappen die daartussen liggen worden hierna uitgelegd aan de hand van een voorbeeld: het maken van een conservenblikje.

In afbeelding 7 is het productieproces van een conservenblikje in beeld gebracht. De belangrijkste grondstof is ijzererts, een gesteente met een hoog ijzergehalte. Uit het ijzererts wordt ijzer gewonnen, dat daarna wordt bewerkt tot blikstaal. Daarna gaat het blikstaal naar een fabriek die er blikjes van maakt. Het productieproces eindigt met een blikje dat precies de goede vorm heeft, gelakt en bedrukt is en klaar om gevuld te worden.

◀ **afbeelding 7**
het productieproces van een conservenblik


Om een metaal als ijzer te kunnen maken...

stoffen uit de natuur halen


moet je eerst de grondstof ijzererts winnen.

grondstoffen chemisch bewerken


In fabrieken (hoogovens) wordt door middel van een chemische reactie ijzer uit dit ijzererts gemaakt...

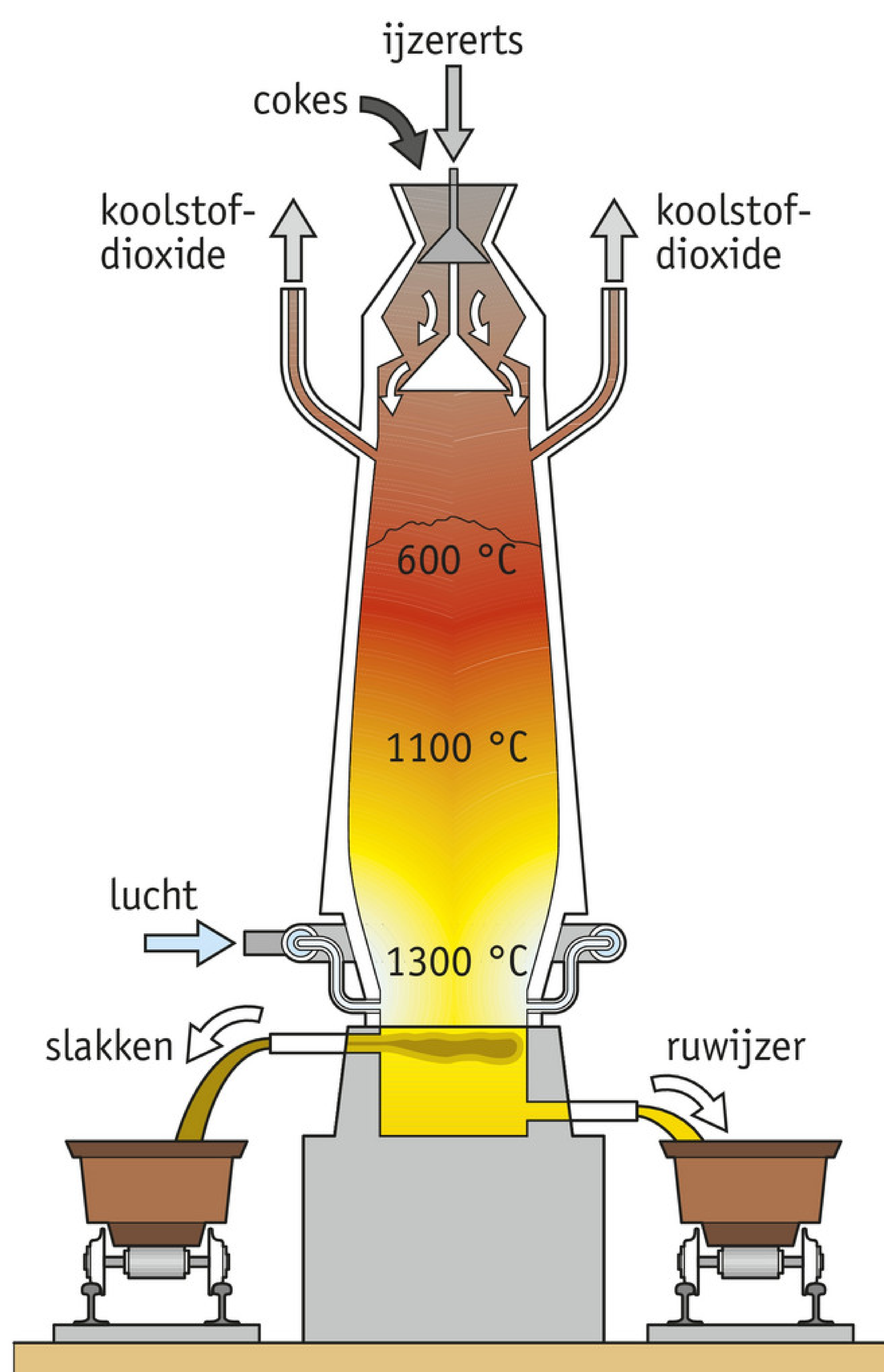
halffabricaten maken


waaruit bijvoorbeeld het halffabricaat blikstaal vervaardigd kan worden...

uit halffabricaat producten maken



zodat jij je groenten uit blik kunt eten.



▲ **afbeelding 8**
IJzer maken is een continu proces.

IJzer maken

Het ijzer voor het blikje wordt gemaakt in hoogovens. In afbeelding 8 zie je hoe dat in zijn werk gaat. Een hoogoven wordt afwisselend gevuld met lagen ijzererts en cokes (steenkool die een warmtebehandeling heeft ondergaan). Onder in de oven wordt hete lucht geblazen. De cokes verbrandt onvolledig, waarbij koolstofmono-oxide ontstaat en veel warmte vrijkomt. Het reactieschema voor deze reactie is:


cokes + zuurstof → koolstofmono-oxide

Het gevormde koolstofmono-oxide reageert met de ijzeroxide in het ijzererts. Bij deze reactie ontstaan ijzer en koolstofdioxide:

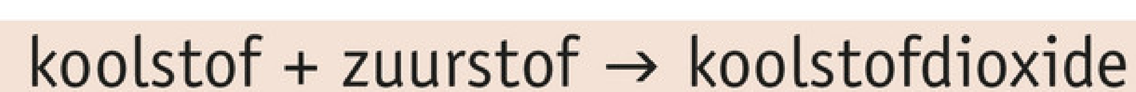

ijzeroxide + koolstofmono-oxide → ijzer + koolstofdioxide

Door de hoge temperatuur is het gevormde ijzer vloeibaar. Het zakt naar beneden en wordt onder in de hoogoven afgetapt. Het gas koolstofdioxide wordt geloosd in de atmosfeer.

Blikstaal: een halffabricaat

Als het vloeibare ijzer in de hoogoven naar beneden zakt, neemt het koolstof op. Het **ruwijzer** dat onderaan uit de hoogoven komt, bevat daardoor ongeveer 5% koolstof. Ruwijzer met dit koolstofgehalte is niet alleen erg hard, maar ook erg bros. Het is niet geschikt om er een blikje van te maken.

Om uit ruwijzer bruikbaar **staal** te maken, moet het gehalte koolstof worden verlaagd. Dat kan door zuurstofgas door de afgetapte ijzermassa te blazen. Koolstof reageert dan met zuurstof tot koolstofdioxide:


koolstof + zuurstof → koolstofdioxide

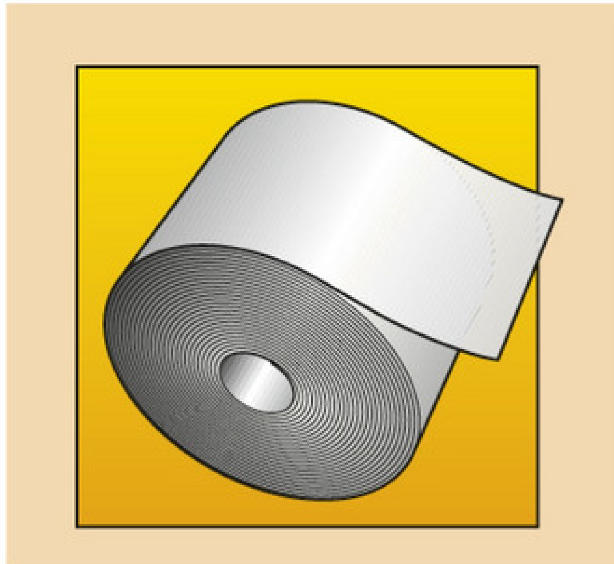
Het percentage koolstof beïnvloedt de eigenschappen van het staal: hoe minder koolstof, hoe zachter (beter vervormbaar) het staal is. Voor conservenblikjes wordt staal met een laag koolstofgehalte gebruikt, omdat het staal sterk moet worden vervormd.

Het staal wordt gewalst zodat je een dunne plaat krijgt. Daarna wordt op het staal een dun laagje tin aangebracht. Dit laagje tin beschermt het ijzer tegen corrosie (roesten). Het materiaal dat je zo krijgt, noem je blikstaal. Blikstaal is een **halffabricaat**: het moet nog in een andere fabriek worden bewerkt tot een eindproduct.

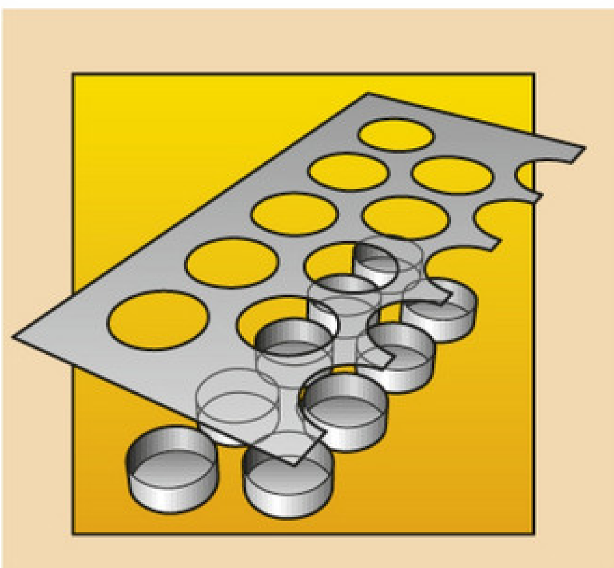
Blikjes maken

In de blikjesfabriek wordt blikstaal verwerkt tot blikjes. De productie is helemaal geautomatiseerd. Uit het blikstaal worden ondiepe bakjes geperst. De wand van de blikjes wordt daarna opgerekt en dunner gemaakt. Ten slotte wordt het overtollige materiaal eraf gesneden. Je hebt nu een blikje zonder bovenkant (afbeelding 9). Vervolgens worden de blikjes schoongemaakt, gelakt, bedrukt en gedroogd. Daarna worden ze van een naar binnen gebogen bovenrand voorzien, gecontroleerd op gaten en scheuren en verpakt.

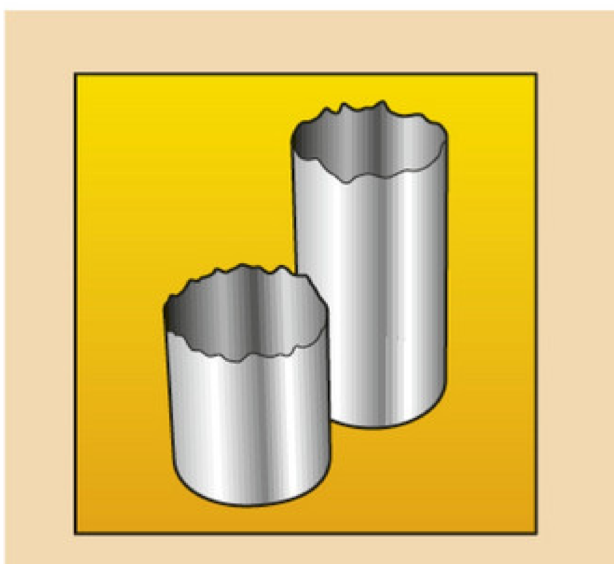
In een andere productielijn in de fabriek worden bovenkanten gemaakt en voorzien van een ringsluiting. De blikjes en de bovenkanten worden daarna vervoerd naar de conservenfabriek. Daar worden de blikjes gevuld en de bovenkanten erop vastgemaakt.



1 Het blikstaal wordt van de rol gehaald.



2 Een pers drukt er ondiepe 'bakjes' uit.



3 De wand van de bakjes wordt opgerekt.



4 De bovenkant wordt recht afgesneden.

Blikjes en het milieu

Het maken van producten heeft gevolgen voor het milieu. Je moet daarbij kijken naar:
- het verbruik van grondstoffen;
- het verbruik van (elektrische) energie;
- het ontstaan van afvalstoffen.

In het vervolg wordt beschreven hoe dat zit met een conservenblikje.

Op het staal wordt een dun laagje tin aangebracht. Van deze grondstof is er niet meer voldoende op de wereld. Door blikjes te recyclen wordt minder tin verbruikt.

Het ijzer in blikstaal wordt gemaakt uit ijzererts. Om ijzer te maken is veel energie nodig. Elke stap van het productieproces verbruikt veel energie. Voor het transport van ijzererts en blikstaal is ook energie nodig, maar minder dan voor het productieproces. Je kunt dus energie besparen door het staal van gebruikte blikjes te recyclen. In Nederland wordt meer dan 90% van de blikjes gerecycled.

Bij het maken van blikjes ontstaan allerlei **afvalstoffen**. Staalfabrieken produceren het broeikasgas koolstofdioxide en vast afval, de zogenaamde slakken. Sommige afvalstoffen kunnen worden verwerkt tot nuttige producten. Van de slakken uit de hoogovens wordt bijvoorbeeld beton gemaakt.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

◀ **afbeelding 9**
Zo worden conservenblikjes gemaakt.

Plus Aluminium

Aluminium wordt veel gebruikt voor verpakkingen (afbeelding 10). Aluminium is licht en sterk, laat geen licht of lucht door en geeft geen giftige stoffen af. Daarom worden frisdrankblikjes vaak van aluminium gemaakt.
De productie van aluminium vraagt veel elektrische energie – veel meer dan de productie van staal. Bovendien komen er nogal wat afvalstoffen bij vrij. Gelukkig kun je aluminium onbeperkt recyclen. Dat is niet alleen goed voor het milieu, maar het is ook goedkoper. Recyclen kost maar 5% van de energie die nodig is om nieuw aluminium te maken.

▶ **afbeelding 10**
Al deze producten zijn verpakt in aluminium.

3 Afvalverwerking

Oude auto's waar alle bruikbare onderdelen uit zijn gesloopt, kun je zien als afval, maar ook als grondstof. Veel van de materialen uit de auto kun je hergebruiken.

Afval

Huishoudens en bedrijven in Nederland produceren veel afval (tabel 1). Als mensen onzorgvuldig met dat afval omgaan, kunnen schadelijke stoffen terechtkomen in het milieu (bodem, water en lucht). Daarom zijn er regels voor de verwerking van afval. Die regels moeten ervoor zorgen dat verontreiniging zo veel mogelijk wordt voorkomen.

▼ **tabel 1** Wat gooien de Nederlandse huishoudens per jaar weg?

soort afval	hoeveelheid (10^6 kg)
gft	2500
papier en karton	1120
kunststof en rubber	350
glas	290
metalen	160
textiel	140
kca	0,1

Afval scheiden

Om te beginnen wordt het afval gescheiden in verschillende soorten. Elk soort afval kun je dan apart verwerken. Een paar voorbeelden:

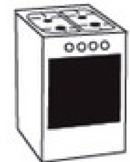
- **Groente-, fruit- en tuinafval** (**gft-afval**) wordt op veel plaatsen apart ingezameld, zodat je het kunt **composteren**. Wormen, schimmels en bacteriën breken daarbij het afval af. De compost die overblijft, wordt verkocht als tuinaarde.
- Glas en papier worden apart ingezameld om te worden gerecycled. Er wordt weer nieuw glas en papier van gemaakt.
- Schadelijke en giftige stoffen moet je apart houden. Dit **klein chemisch afval** (**kca**) moet je bij de chemokar inleveren. Het wordt apart van het overige afval verwerkt.
- Bepaalde soorten afval, zoals puin en snoeihout, kun je naar een afvaldepot brengen. Puin wordt gebruikt bij het aanleggen van wegen, snoeihout wordt verwerkt tot houtsnippers.
- In veel gemeenten wordt ook kunststof afval apart ingezameld. Het plastic wordt gebruikt als grondstof voor nieuwe kunststoffen.

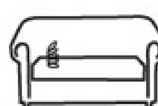
Het restafval dat overblijft, gaat naar een vuilverwerkingsinstallatie. Ook daar wordt aan afvalscheiding gedaan. Magneten halen blik en ander ijzer uit het afval. Er zijn ook technieken ontwikkeld om andere metalen, zoals aluminium en koper, te scheiden van het overige afval.


Textiel
Oude kleding, textiel en leer kunt u op verschillende plekken in het stadsdeel kwijt in groene containers van Sympany.


Kleine elektrische apparaten
De meeste kleine elektrische apparaten zoals mobiele telefoons, digitale camera's, opladers, afstandsbedieningen, elektrische tandenborstels, mixers en klusapparaten, laptops en kapotte spaarlampen kunt u inleveren bij de leverancier waar u een nieuwe koopt. U kunt natuurlijk ook bij het Afvalpunt terecht.


Klein chemisch afval
Het is verboden (en gevaarlijk) om klein chemisch afval neer te zetten in de openbare ruimte. Batterijen, accu's, verf(potten), olie, verdunner, nagellak, medicijnen, tl-buizen en gloei- of spaarlampen kunnen terug naar de winkel of naar het Afvalpunt.


Wit- en bruingoed
Uw oude wasmachine, gasfornuis of koelkast mag u aan de leverancier meegeven waar u een nieuwe koopt. Lukt dat niet, breng die spullen dan (gratis) naar het Afvalpunt of plaats het op de vaste inzameldag (tot 07.30 uur vanaf 20.00 uur de avond ervoor) op de grofvuillocatie in uw buurt.


Grofvuil
Afval dat niet in de container past, brengt u (gratis) naar het Afvalpunt of plaatst u op de vaste inzameldag (tot 7.30 uur vanaf 20.00 uur de avond ervoor) op de grofvuillocatie in uw buurt.

▶ **afbeelding 11**
Op deze wijzer kun je zien welke soorten afval je waar kunt inleveren.

Recycling

Een deel van het afval wordt gerecycled. Dat gebeurt bijvoorbeeld met oud papier. Het papier wordt vermalen tot pulp en van de pulp wordt nieuw papier gemaakt. Het papier doorloopt dus een **kringloop**: het wordt steeds opnieuw gebruikt.



▲ **afbeelding 12**
een verzamelbox voor klein chemisch afval (kca)

Bij de recycling van papier loop je tegen verschillende problemen aan. Het is lastig dat oud papier bedrukt is in allerlei kleuren. Als oud papier wordt vermalen, komen de kleurstoffen in de pulp terecht. Het nieuwe papier dat je met de pulp maakt, ziet er daardoor grauw uit. Het is mogelijk om de papierpulp te bleken, maar het bleekmiddel dat hierbij wordt gebruikt, is schadelijk voor het milieu.

Een ander probleem heeft te maken met de lengte van de papiervezels. Elke keer dat papier vermalen wordt, worden de papiervezels korter. Na vier keer recyclen kun je het papier niet opnieuw hergebruiken: de vezels zijn dan te kort geworden. Het papier is dan alleen nog maar geschikt om te verbranden.

Wat voor papier geldt, geldt ook voor andere materialen: het is onmogelijk om een perfecte kringloop op te zetten. Maar het is wel mogelijk om een eind in de goede richting te komen.

▼ **afbeelding 13**
de papierkringloop

1 Hout is de grondst of voor papier.

2 Het hout wordt fijn-gemalen tot houtslijp.

3 De vezels worden gemengd met water. Zo krijg je papierpulp.

4 Een aantal bewerkingen verder is de papierpulp papier geworden.

5 Het papier wordt in een drukkerij bedrukt in verschillende kleuren.

6 Oud papier wordt weer ingezameld en vermalen tot fijne vezels.

7 Na een keer of vier kan papier niet meer gerecyled worden. Het wordt dan verbrand.

Verbranden en storten

Afval dat je niet kunt composteren of recyclen, wordt verbrand of gestort. Verbranden heeft vergeleken met storten duidelijk voordelen:

- Bij de verbranding ontstaat warmte die je nuttig kunt gebruiken.
- Er hoeft geen ruimte te worden gezocht voor een stortplaats. De onbrandbare resten (slakken) die overblijven, kun je gebruiken bij de aanleg van wegen.

Verbranding heeft ook een nadeel. Bij de verbranding van afval kunnen er schadelijke stoffen in de lucht terechtkomen. Als het afval chloor bevat, kunnen er bijvoorbeeld giftige en kankerverwekkende dioxinen ontstaan. Via de schoorsteen kunnen die in de lucht terechtkomen. Afvalbedrijven proberen deze dioxinen daarom zo veel mogelijk te verwijderen.



▲ **afbeelding 14**
Deze logo's geven aan: dit materiaal kun je recyclen.

Oplossingen voor milieuproblemen

Aan milieuproblemen met afval kun je op verschillende manieren iets doen:

1. Het gedrag van mensen kan veranderen.
   Veel mensen leveren hun afval gescheiden in: glas in de glasbak, papier naar de voetbalclub, enzovoort.
2. Producten en productiemethoden kunnen veranderen.
   Je kunt blikjes steeds dunner maken, zonder dat ze daardoor minder sterk worden. Hierdoor worden de blikjes niet alleen lichter, maar zijn er ook minder grondstoffen en energie nodig om een blikje te produceren.
3. De manier waarop het afval verwerkt wordt, kan veranderen.
   Veertig jaar geleden werd alle afval op één grote hoop gestort. Nu wordt afval gescheiden en wordt een steeds groter deel hergebruikt.



▲ **afbeelding 15**
Wat heb je over voor het milieu?

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Recycling van kunststoffen

Kunststoffen worden veel gebruikt als verpakkingsmateriaal. Huishoudelijk afval bestaat daardoor voor een groot deel uit kunststoffen (plastic). De gemiddelde Nederlander gooit elk jaar circa 30 kg kunststof verpakkingen weg. Opgeteld is dat 0,5 miljard kg per jaar (afbeelding 16).

Het heeft veel voordelen om kunststoffen te recyclen. Kunststoffen worden gemaakt van aardolie en de voorraden van die grondstof zijn eindig. Door kunststoffen te recyclen, kun je aardolie besparen. Het vervoer van aardolie en de productie van kunststoffen kost bovendien veel energie. Ook daarop kun je besparen door kunststoffen opnieuw te gebruiken.

Er wordt veel onderzoek gedaan naar recycling van kunststoffen. Het is bijvoorbeeld moeilijk om kunststoffen uit het huisvuil te halen. Ook is het lastig dat er zo veel verschillende soorten kunststoffen zijn. Die kun je onmogelijk goed van elkaar scheiden. Voor al die problemen wordt naar een oplossing gezocht.



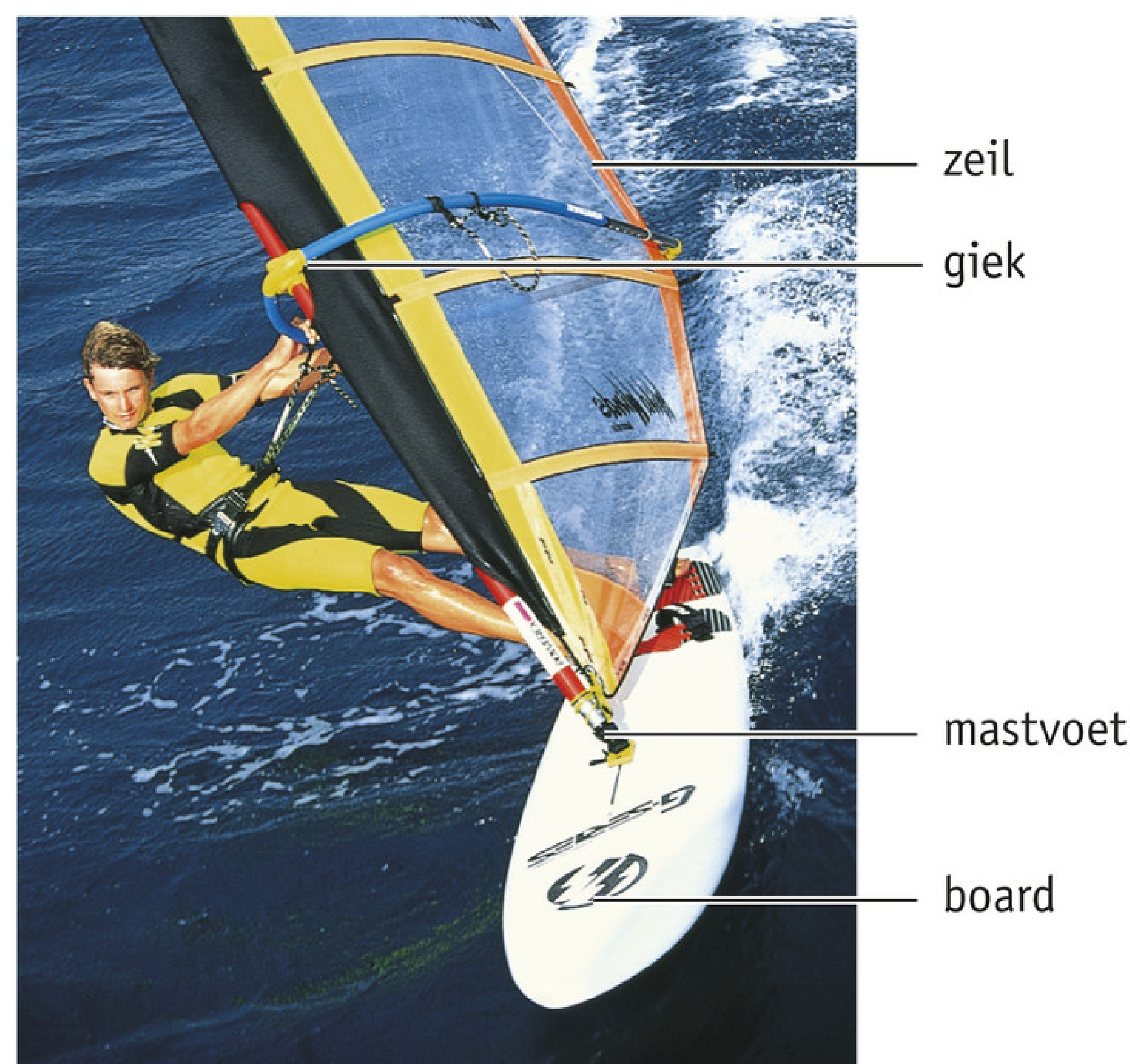
◀ **afbeelding 16**
Om 0,5 miljard kg te kunnen vervoeren, heb je 11 000 van deze vrachtwagens nodig.

4 Materialen kiezen

Moderne huizen hebben vaak kozijnen van aluminium en kunststof. Sommige mensen gebruiken deze nieuwe materialen liever dan een traditioneel materiaal als hout.

Bestaande en nieuwe toepassingen

Kozijnen werden vroeger altijd van hout gemaakt. Tegenwoordig kun je ook kiezen voor aluminium of kunststof kozijnen. Het voordeel van aluminium en kunststof is dat je er nauwelijks onderhoud aan hoeft te plegen. Een kozijn is een bestaande toepassing waarvoor je nieuwe materialen kunt gebruiken. Nieuwe materialen maken ook nieuwe toepassingen mogelijk. Een voorbeeld is het gebruik van carbon in auto's. Verschillende onderdelen worden gemaakt van dit lichte, maar toch sterke materiaal.



▶ **afbeelding 17**
de belangrijkste onderdelen van een windsurfplank

De windsurfplank

De windsurfplank is ontwikkeld in de jaren zestig van de vorige eeuw. Sinds die tijd is het basisontwerp niet veranderd. De eerste windsurfplanken bestonden uit dezelfde onderdelen als de planken van vandaag (afbeelding 17). De prestaties van de windsurfplank zijn echter wel sterk verbeterd. Dat komt doordat er steeds nieuwe materialen werden toegepast. Ook zijn er allerlei varianten op het basisontwerp bedacht, voor verschillende windsnelheden en zeiltechnieken (afbeelding 18).

▼ **afbeelding 18**
Voor dit soort moves heb je een speciaal board nodig.



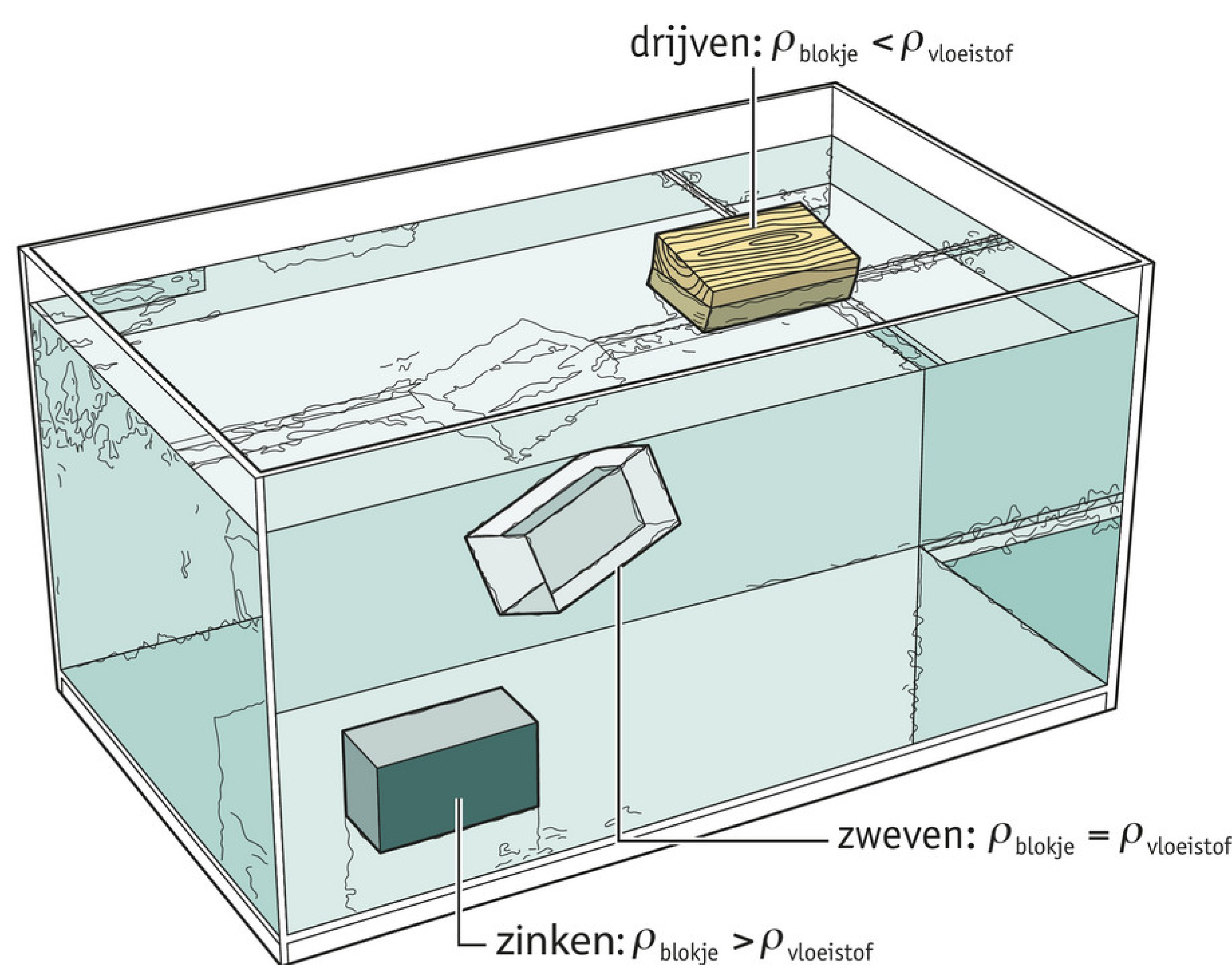
De ontwerpers van windsurfplanken experimenteren steeds met nieuwe materialen. Sommige materialen die nu modern zijn, kunnen daarom over enkele jaren al weer verouderd zijn.

Het board Proef 1 en 2

De materialen voor een windsurfplank moeten aan allerlei eisen voldoen. Een surfplank moet voldoende drijfvermogen hebben. Dat heeft gevolgen voor de materiaalkeuze.

Het hangt van de dichtheid af of een voorwerp zinkt, zweeft of drijft. Dat kun je nagaan door proeven te doen met verschillende voorwerpen (afbeelding 19). Uit die proeven blijkt dat een voorwerp:

- zinkt, als de dichtheid van het materiaal groter is dan de dichtheid van vloeistof;
- zweeft, als de dichtheid van het materiaal even groot is als de dichtheid van vloeistof;
- drijft, als de dichtheid van het materiaal kleiner is dan de dichtheid van vloeistof.



▶ **afbeelding 19**
zinken – zweven – drijven

Het is duidelijk dat je voor het board een materiaal moet kiezen met een kleine dichtheid: de dichtheid moet veel kleiner zijn dan die van water.

Het board is daarom opgebouwd uit een schuimkern, met daaromheen een stevige buitenlaag. De schuimkern is gemaakt van polyurethaanschuim (piepschuim) of een vergelijkbare kunststof. Dit materiaal heeft een heel kleine dichtheid door alle luchtbelletjes die erin zitten. Die kleine dichtheid zorgt ervoor dat de surfplank blijft drijven. De buitenkant is gemaakt van een hard en sterk materiaal. Dit materiaal zorgt voor voldoende stevigheid en beschermt de kwetsbare schuimkern tegen beschadigingen.

Voorbeeld
In een folder staat dat een surfplank een volume heeft van 200 L en een massa van 16 kg.
Bereken de (gemiddelde) dichtheid van de materialen waarvan de plank is gemaakt.

V = 200 L = 200 dm^3 = 200 000 cm^3
m = 16 kg = 16 000 g

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{16\ 000}{200\ 000} = 0{,}08\ \text{g/cm}^3$$

Vergeleken met water (ρ =1,0 g/cm^3) heeft het materiaal van de plank dus een heel kleine dichtheid.



▲ **afbeelding 20**
Veel windsurfers gebruiken een transparant zeil van monofilm.

Het zeil

Een surfplank moet niet alleen blijven drijven, je moet er ook mee kunnen varen. Bij een windsurfplank wordt de kracht op het zeil gebruikt om de plank voort te stuwen. Er worden grote krachten op het zeil uitgeoefend, zeker als het stevig waait. Bij de keus van de materialen moet je daar rekening mee houden. Verder is de massa een belangrijke factor: hoe lichter je de onderdelen kunt maken, hoe beter.

Voor de zeilen worden kunststoffen gebruikt die sterk zijn en hun vorm goed vasthouden. In het begin werden de zeilen meestal gemaakt van dacron of mylar. Omdat deze stoffen niet doorzichtig zijn, werd in het zeil een venster van pvc aangebracht. Tegenwoordig zijn de meeste zeilen van monofilm, een doorzichtige kunststof. Een nadeel van monofilm is dat het slecht bestand is tegen uv-straling. Om te voorkomen dat je het zeil al snel moet vervangen, moet je zo'n zeil na het surfen niet in de zon laten liggen.

De mast

Masten van surfplanken worden gemaakt van kunststof die is versterkt met glas- of koolstofvezels (afbeelding 21). Zo'n materiaal dat uit twee bestanddelen bestaat (kunststof en vezels), noem je een **composiet**. Composieten met koolstofvezels zijn sterker, maar ook duurder dan composieten met glasvezels.

Composieten zijn niet alleen licht, maar ook erg sterk. Hun sterkte danken ze aan de vezels in het materiaal. Deze vezels kunnen grote trekkrachten opvangen. Voor een mast is dat belangrijk, omdat het zeil er grote krachten op uitoefent. Dat geldt nog sterker voor topsporters die het uiterste uit hun surfplank willen halen.



SUPERSLIM 100% CARBON MAST 370 CM
details

Nieuw: **Tecno Limits** Superslim Mast

De nieuwe **Tecno Limits** Superslim is niet alleen dunner en lichter dan andere RDM-masten, maar ook stabieler.

De Superslim is speciaal ontwikkeld voor sideshore wave en freestyle zeilen, die een iets zachter profiel hebben.

PRIJS: € 429,00 **BESTELLEN**

▶ **afbeelding 21** reclame voor een carbon mast

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Massieve en holle voorwerpen

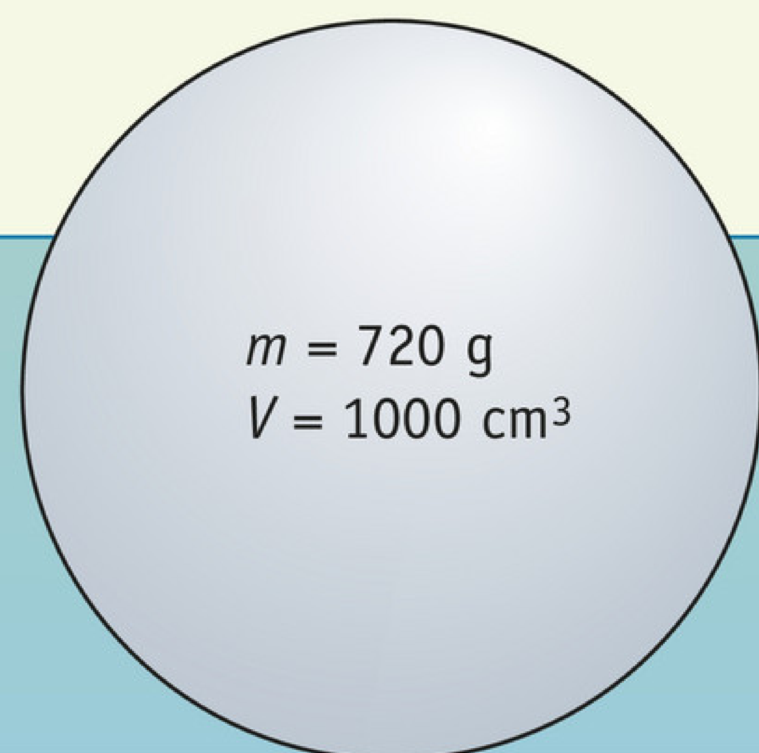
Een massief voorwerp is een voorwerp zonder holle ruimtes, zoals een baksteen of een blok hout. Een massief voorwerp drijft alleen als zijn dichtheid kleiner is dan de dichtheid van water (1,0 g/cm^3). Het zinkt als zijn dichtheid groter is dan 1,0 g/cm^3.

Uit de dichtheid van een drijvend voorwerp kun je afleiden hoeveel procent van het voorwerp zich onder de waterspiegel bevindt.
De rekenregel is:

volume onder water (in %) = 100 × de dichtheid

Als een voorwerp een dichtheid heeft van 0,8 g/cm^3, bevindt 80% van het volume zich dus onder de waterspiegel (en 20% steekt erboven uit).

Bij een hol voorwerp moet je rekenen met de gemiddelde dichtheid. Die kun je berekenen door de totale massa te delen door het totale volume. In afbeelding 22 zie je een holle stalen bol met een massa van 720 g en volume van 1000 cm^3. De gemiddelde dichtheid is maar klein:
720 : 1000 = 0,72 g/cm^3. De bol drijft dus: 72% van het volume is onder water en 28% steekt erboven uit.



◀ **afbeelding 22**
Een stalen bol kan blijven drijven als hij hol is.


WACHT
tot het rode l
er kan nog e

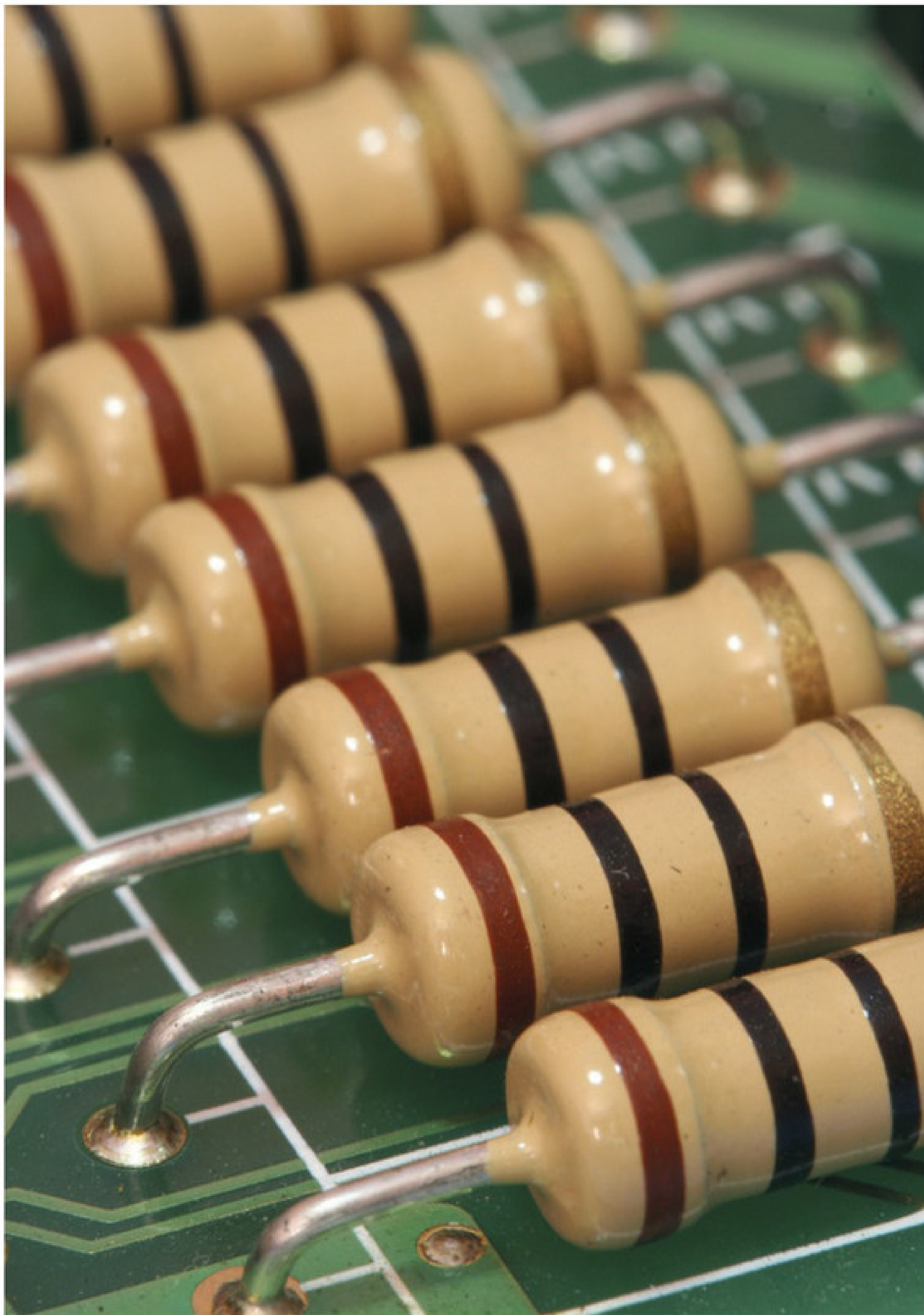
9

Schakelingen

Ontwerpen en bouwen

Vroeger bediende een spoorwegwachter de spoorbomen bij een overweg. Nu doet een automatische schakeling dat. Zo'n schakeling moet zorgvuldig ontworpen, gebouwd en getest worden. Je moet er 100% van op aan kunnen dat de spoorbomen op het juiste moment naar beneden gaan.

1 Werken met weerstanden



▲ afbeelding 1
weerstandjes in een schakeling

Bij het gebruik van weerstanden in schakelingen is het heel belangrijk dat je de goede weerstand gebruikt. Als de waarde van een weerstand niet hoog genoeg is, kan de schakeling zomaar doorbranden.

Elektronicaweerstandjes

In de elektronica gebruik je kleine **weerstandjes** (afbeelding 1). Je komt ze in allerlei schakelingen tegen. De weerstandjes worden gemaakt door een dun laagje koolstof op een glasstaafje aan te brengen. Hoe dunner het laagje koolstof is, des te groter is de weerstand (afbeelding 2).

Op elk weerstandje zijn gekleurde ringen aangebracht. Aan die ringen kun je zien wat de waarde van de weerstand is. In je Binas kun je de betekenis van de verschillende kleuren opzoeken. Bij het aflezen moet ring T (de tolerantiering) zich aan de rechterkant van het weerstandje bevinden. Deze ring geeft aan hoeveel procent afwijking er in de opgegeven waarde kan zitten. Hoe kleiner die afwijking, hoe nauwkeuriger de opgegeven waarde is.

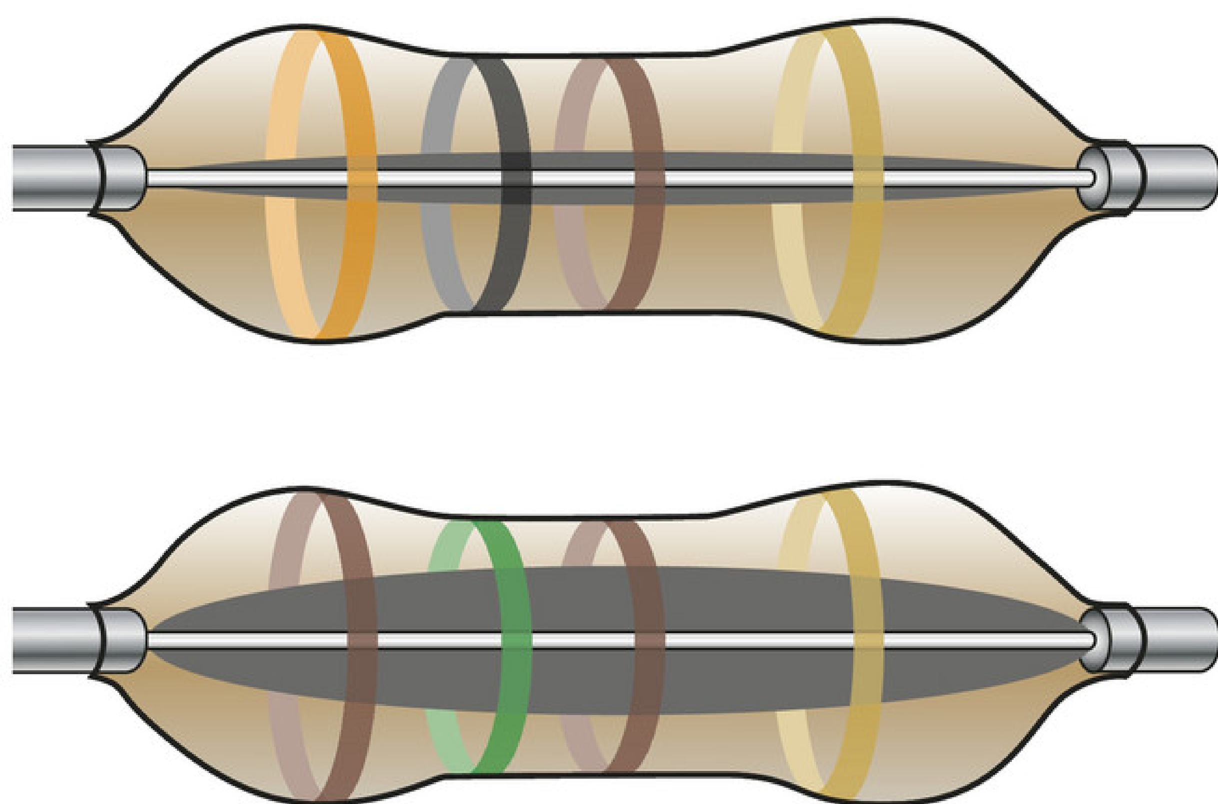
Voorbeeld
Bekijk de weerstandjes in afbeelding 2. Ga na hoe groot hun weerstand is.

Het bovenste weerstandje:
ring A is oranje → 3
ring B is zwart → 0
ring D is bruin → één 0
ring T is goud → ± 5%

De weerstand is dus 300 Ω, met een maximale afwijking van 5%. De echte waarde ligt dus tussen 285 en 315 Ω.

Het onderste weerstandje:
ring A is bruin → 1
ring B is groen → 5
ring D is bruin → één 0
ring T is goud → ± 5%

De weerstand is dus 150 Ω, met een maximale afwijking van 5%.



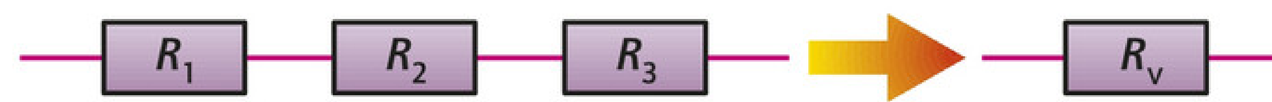
▲ afbeelding 2
twee weerstanden met vier ringen

Weerstanden in serie schakelen Proef 1

Weerstandjes worden vaak in serie geschakeld. Je kunt de weerstanden dan bij elkaar optellen. In formulevorm ziet dat er zo uit:

$$R_v = R_1 + R_2 + \ldots$$

Als je een weerstand van 100 Ω en één van 200 Ω in serie zet, hebben ze samen een weerstand van 300 Ω. Je kunt R_1 en R_2 dus vervangen door één weerstand van 300 Ω. Voor de rest van de schakeling maakt dat niets uit. Je zegt daarom dat R_1 en R_2 een **vervangingsweerstand** R_v hebben van 300 Ω.



▶ **afbeelding 3**
Weerstanden in serie tel je op.

Voorbeeld
Ingrid heeft een doosje met een heleboel weerstandjes van 100 Ω, 200 Ω en 500 Ω. Voor een proef heeft ze een weerstand van 900 Ω nodig. Hoe kan ze zo'n weerstand maken met zo weinig mogelijk weerstandjes uit het doosje?

$R_v = R_1 + R_2 + R_3$
$R_v = 500 + 200 + 200 = 900$ Ω

Ingrid moet dus drie weerstandjes in serie schakelen: één van 500 Ω en twee van 200 Ω. De vervangingsweerstand is dan 900 Ω.

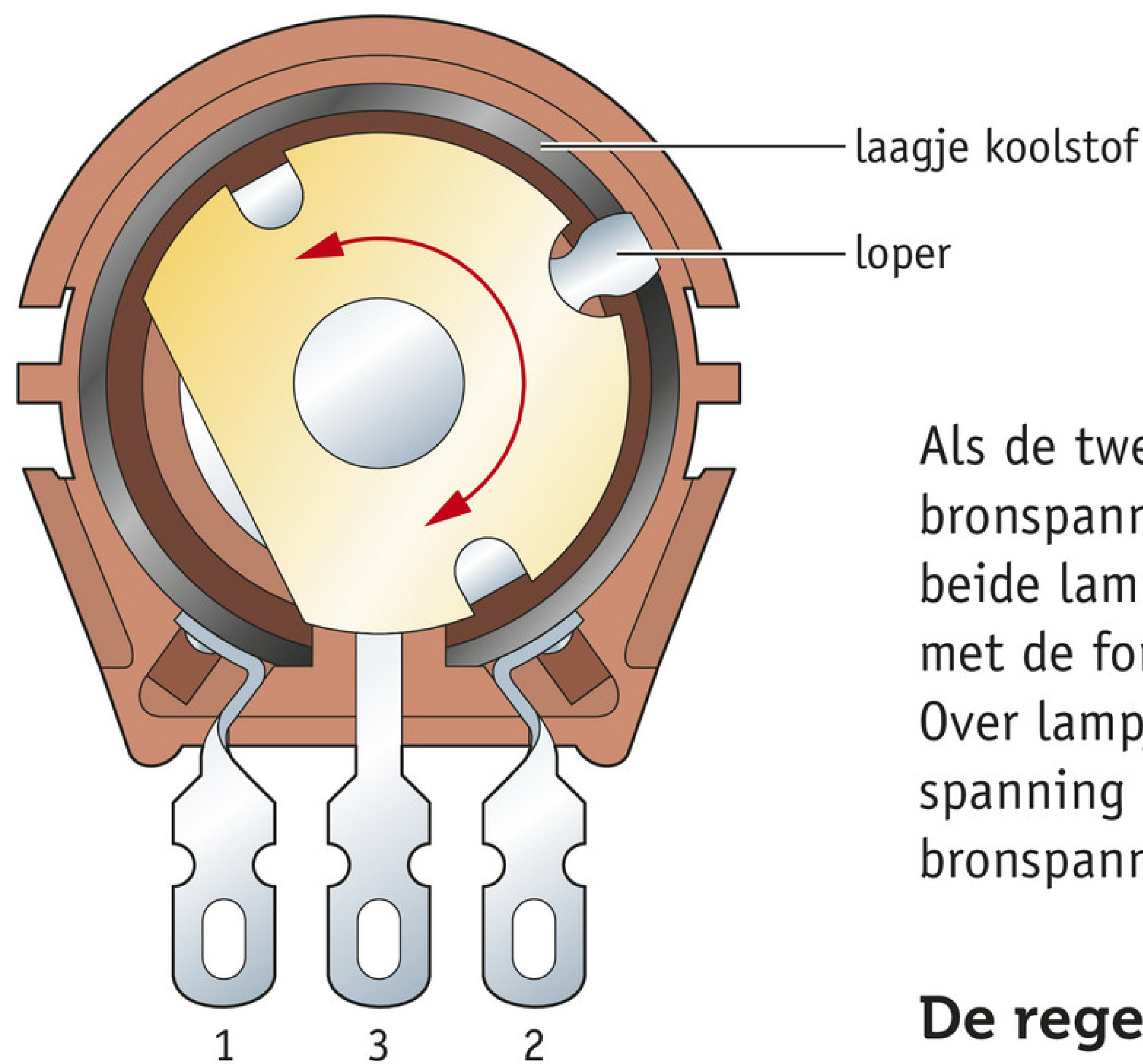
Stroomsterkte en spanning in een serieschakeling

Om de stroomsterkte door een serieschakeling te vinden, bepaal je eerst de vervangingsweerstand. Daarna kun je de stroomsterkte berekenen met:

$$I = \frac{U_t}{R_v}$$

De stroomsterkte is in een serieschakeling overal even groot. Er zijn geen vertakkingen waarover de stroom zich moet verdelen.

De spanning is in een serieschakeling niet overal even groot. De verschillende schakelonderdelen verdelen de spanning. Dat merk je als je twee lampjes in serie schakelt en aansluit op een batterij van 9 V. Als de twee lampjes dezelfde weerstand hebben, brandt elk lampje op 4,5 V: de helft van de bronspanning.



▲ **afbeelding 4**
een potentiometer

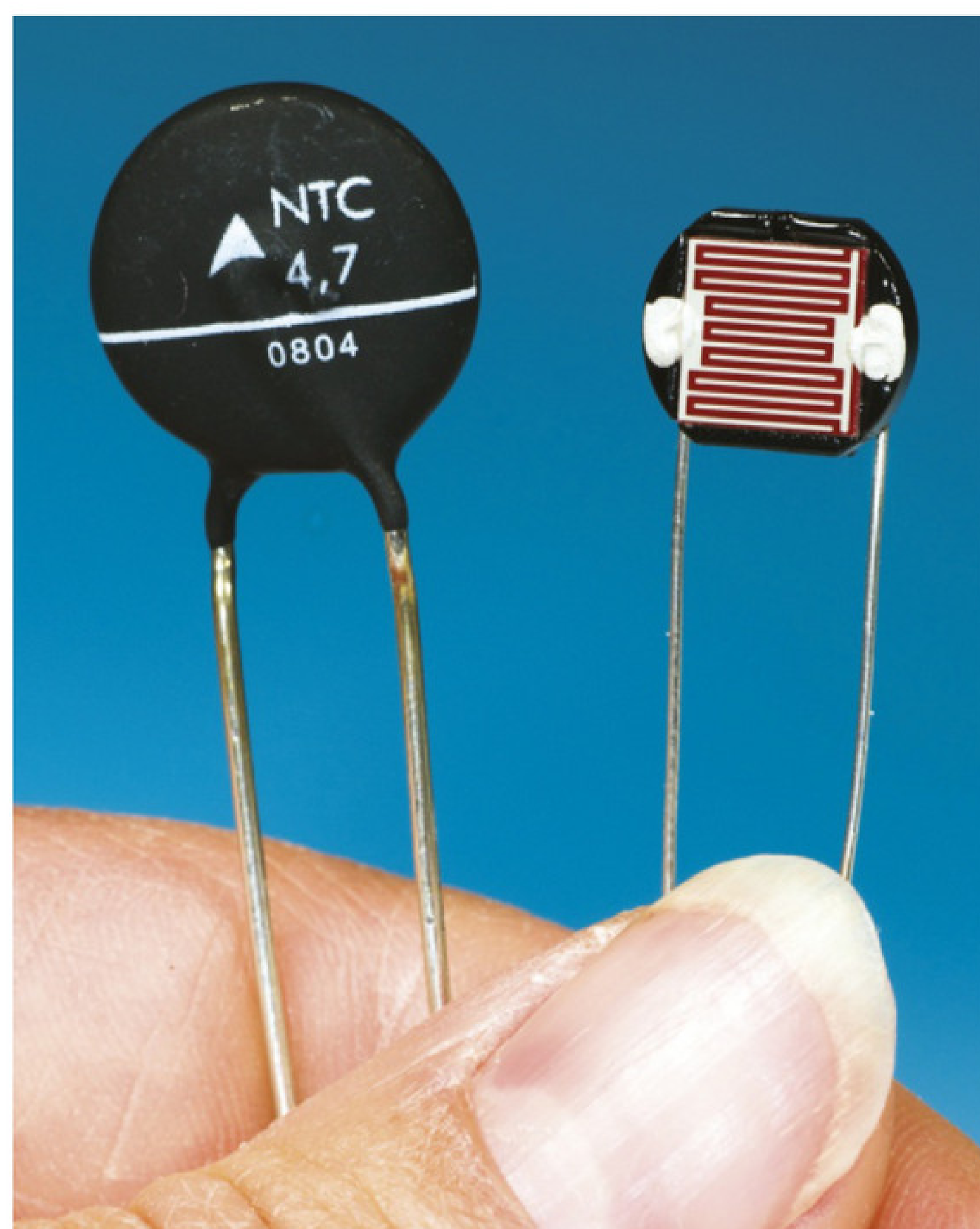
Als de twee lampjes een verschillende weerstand hebben, wordt de bronspanning U_t niet precies in tweeën verdeeld. De stroomsterkte door beide lampjes is wel gelijk, want ze zijn in serie geschakeld. Je kunt dan met de formule $U = I \cdot R$ de spanning over de lampjes berekenen.
Over lampje 1 staat dan een spanning $U_1 = I_1 \cdot R_1$ en over lampje 2 een spanning $U_2 = I_2 \cdot R_2$. Bij elkaar opgeteld zijn U_1 en U_2 gelijk aan de bronspanning: $U_t = U_1 + U_2$.

De regelbare weerstand

Een regelbare weerstand is een weerstand waarvan je de grootte zelf kunt instellen. Zo'n regelbare weerstand noem je ook wel een **potentiometer** of **potmeter** (afbeelding 4).

Een potmeter heeft drie aansluitpunten. Tussen de aansluitpunten 1 en 2 is een dun laagje koolstof aangebracht. Het middelste aansluitpunt (3) is verbonden met een loper die je over het laagje koolstof kunt bewegen. De loper verdeelt de totale weerstand zo in twee delen.

Als je de potmeter aansluit bij 3 en 1, kun je de weerstand daarna instellen met de loper. Door de loper naar rechts te draaien (naar 2), maak je de weerstand groter. Door de loper naar links te draaien (naar 1), maak je de weerstand kleiner.



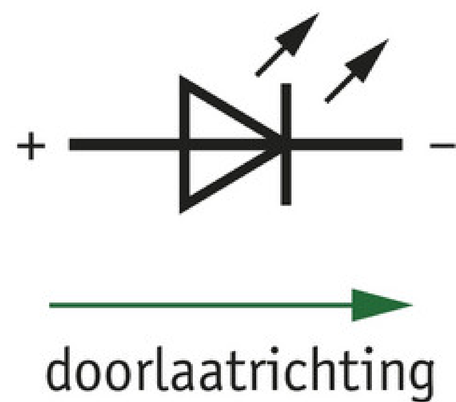
▲ **afbeelding 5**
een NTC (links) en een LDR (rechts)

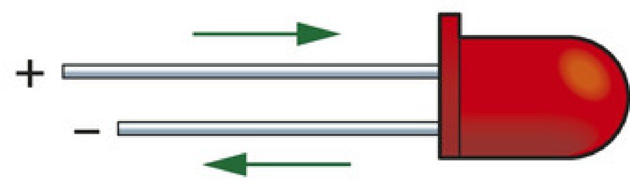
De NTC en de LDR

Normaal gesproken verandert de waarde van elektronicaweerstandjes nauwelijks. Je mag er daarom van uitgaan dat hun weerstand constant is. Maar er zijn ook weerstandjes waarvan de waarde wel erg veranderlijk is. Bekende voorbeelden zijn de **NTC** en de **LDR**.

Een NTC is gevoelig voor veranderingen in de temperatuur. De weerstand wordt kleiner als de temperatuur van de NTC stijgt. Vandaar de aanduiding 'Negatieve Temperatuur Coëfficiënt' (NTC). NTC-weerstandjes zijn er in allerlei waarden. Het is de gewoonte om op te geven hoe groot hun weerstand is bij 25 °C.

De weerstand van een LDR is afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de LDR valt. De afkorting LDR staat voor 'Light Dependent Resistance' (lichtafhankelijke weerstand). In het donker is deze weerstand erg groot (zo'n 10 000 Ω). Als er fel licht op de LDR valt, is deze weerstand vrij klein (zo'n 100 Ω).





▲ **afbeelding 6**
Een led moet je altijd in de doorlaatrichting aansluiten.

Diode en led

Een **diode** is een schakelonderdeel dat de stroom maar in één richting doorlaat. Als je een diode in de **doorlaatrichting** aansluit, heeft ze een heel kleine weerstand. De stroom kan er bijna ongehinderd doorheen bewegen. Als de diode andersom – in de **sperrichting** – wordt aangesloten, is haar weerstand juist heel groot. De diode laat dan geen stroom door.

In veel schakelingen worden leds gebruikt als lichtbron. Een **led** is een diode die licht uitzendt (led = light emitting diode). Je moet een led aansluiten in de doorlaatrichting, anders werkt ze niet. Om je daarbij te helpen, hebben de aansluitpoten van een led verschillende lengtes. Als je de langste aansluitpoot met de plus verbindt en de kortste met de min, dan loopt de stroom in de juiste richting door de led (afbeelding 6).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Een dimmer



▲ **afbeelding 7**
Deze dimmer is geschikt voor vermogens van 10 W tot 420 W.

Met een dimmer regel je hoeveel licht een lamp geeft (afbeelding 7). In oude dimmers zit een regelbare weerstand. Die verdeelt de spanning over de weerstand en de lamp. Hoe groter de waarde van de regelbare weerstand, hoe meer spanning er over die weerstand staat en hoe minder over de lamp. Dit soort dimmers verspilt veel energie door warmteontwikkeling. Moderne dimmers maken daarom gebruik van elektronische schakelingen, die heel weinig energie verbruiken.

Dimmers hebben een minimaal en een maximaal aangesloten vermogen. Als het vermogen van de lampen op de dimmer groter is dan het maximale vermogen, kan de dimmer beschadigd raken. Als het vermogen van de lampen op de dimmer kleiner is dan het minimum vermogen, gaat de verlichting flikkeren. Led-lampen hebben een zeer laag vermogen en stellen daardoor speciale eisen aan een dimmer (afbeelding 8).

▶ **afbeelding 8**
Deze eisen stelt een led-lamp aan een dimmer.

Led-lamp: elektrische eigenschappen en dimmers

De elektronica in een led-lamp heeft andere elektrische eigenschappen dan een gloeilamp of een halogeenlamp. Een dimmer moet daar rekening mee houden. In de voet van een led-lamp zit een (kleine) elektronische transformator. De dimmer moet daar geschikt voor zijn. Meestal staat op de verpakking en de handleiding van zo'n dimmer dat die geschikt is voor elektronische transformatoren. Ook wordt de aanduiding (R, C) of de term faseafsnijding gebruikt. Gebruikt u het andere type dimmer, dan kunnen de lampen en/of de dimmer sterk zoemen, of de lampen knipperen, trillen of gaan kapot.
Bron: www.topledshop.nl

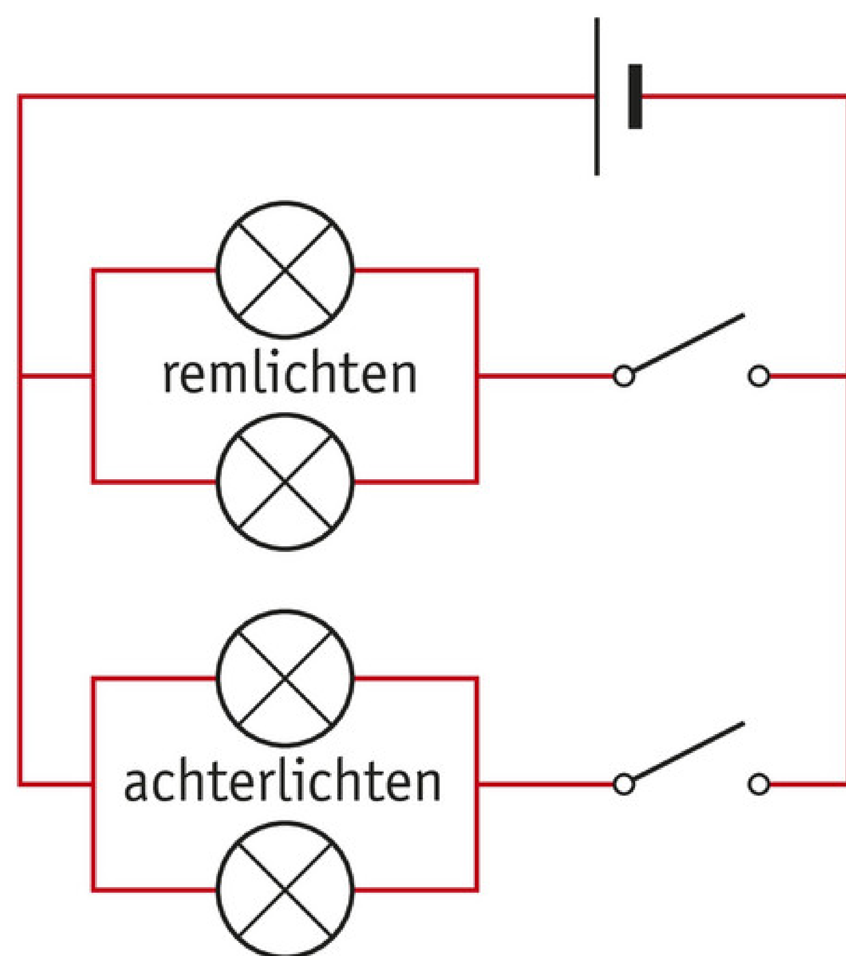
2 Parallelschakelingen

Het zou heel onhandig zijn als overal in huis het licht uitgaat als je één lamp uitschakelt. Daar is bij de aanleg van de huisinstallatie rekening mee gehouden.

Parallelschakelingen gebruiken

Het gebeurt vaak dat verschillende apparaten op één spanningsbron worden aangesloten. Denk bijvoorbeeld aan:
- de verschillende elektrische apparaten in een woonhuis;
- de lampen, achterruitverwarming en ruitenwissers van een auto;
- de verschillende computers in het computerlokaal.

In dit soort situaties wordt altijd een **parallelschakeling** gebruikt. Dat heeft twee voordelen:
1. In een parallelschakeling is elk onderdeel (lamp, apparaat, weerstand) op dezelfde spanning aangesloten. De elektrische apparaten in huis werken allemaal op 230 V. De lampen, achterruitverwarming en ruitenwissers van een auto werken allemaal op 12 V.
2. In een parallelschakeling kun je elk onderdeel apart aan- en uitzetten. Dat kan, omdat er voor elk onderdeel een aparte stroomkring is gemaakt. Denk bijvoorbeeld aan de koplampen, achterruitverwarming en knipperlichten van een auto. Je kunt elk onderdeel apart bedienen, met een eigen schakelaar (afbeelding 9).



▲ **afbeelding 9**
De achterlichten en remlichten van een auto kun je apart bedienen.

Stroomsterkte in een parallelschakeling Proef 2

Bekijk de eenvoudige parallelschakeling die in afbeelding 10 is getekend. Je kunt de stroomsterkte door weerstand 1 berekenen met:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

en door weerstand 2 met:

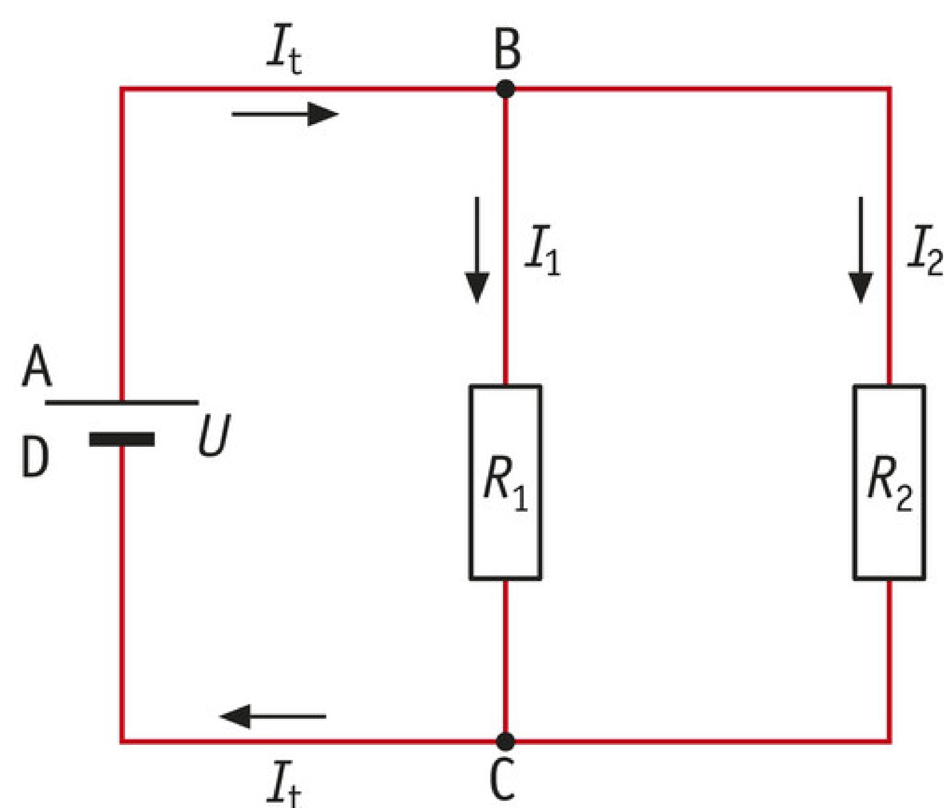
$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Daarna kun je de totale stroomsterkte I_t berekenen met:

$$I_t = I_1 + I_2$$

De 'totale stroomsterkte' (I_t) is de stroomsterkte in het niet-vertakte deel van de schakeling. Dus tussen A en B en tussen C en D.

De totale stroomsterkte door een groep kan te groot worden. Bijvoorbeeld als je te veel apparaten tegelijk aanzet. De groepszekering in de meterkast slaat dan door. Anders zouden de aan- en afvoerleidingen veel te heet worden. Zie ook paragraaf 5 van hoofdstuk 4.



▲ **afbeelding 10**
De stroom verdeelt zich over twee stroomkringen.

Voorbeeld
Twee lampjes worden aangesloten op een voedingskastje. De lampjes zijn parallel geschakeld. Lampje 1 heeft een weerstand van 30 Ω, lampje 2 een weerstand van 10 Ω. De spanning wordt ingesteld op 12 V. Bereken de stroomsterkte door de beide lampjes samen.

$R_1 = 30\ \Omega$
$R_2 = 10\ \Omega$
$U = 12$ V

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{30} = 0{,}4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12}{10} = 1{,}2 \text{ A}$$

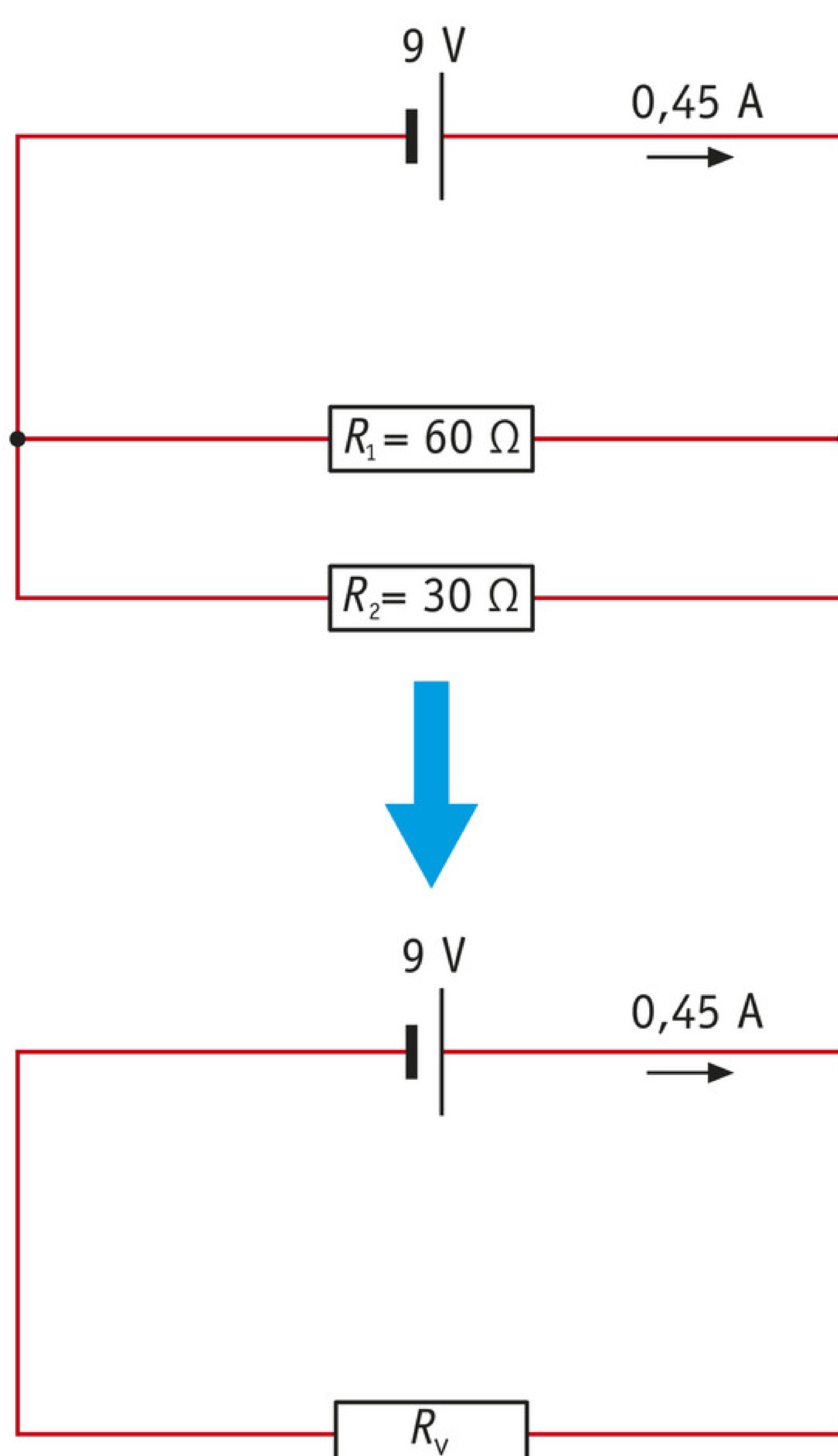
$$I_t = I_1 + I_2 = 0{,}4 + 1{,}2 = 1{,}6 \text{ A}$$

De vervangingsweerstand van een parallelschakeling

In afbeelding 11 zijn twee weerstanden getekend die parallel zijn geschakeld. Net als bij een serieschakeling kun je berekenen hoe groot de weerstand is van de beide weerstanden samen. Je berekent dan de **vervangingsweerstand**.

Je kunt de vervangingsweerstand berekenen met de formule:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



▲ **afbeelding 11**
Hoe groot is de vervangingsweerstand?

Voorbeeld
Bereken de vervangingsweerstand van de twee weerstanden in afbeelding 11.

$R_1 = 60\ \Omega$
$R_2 = 30\ \Omega$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30}$$

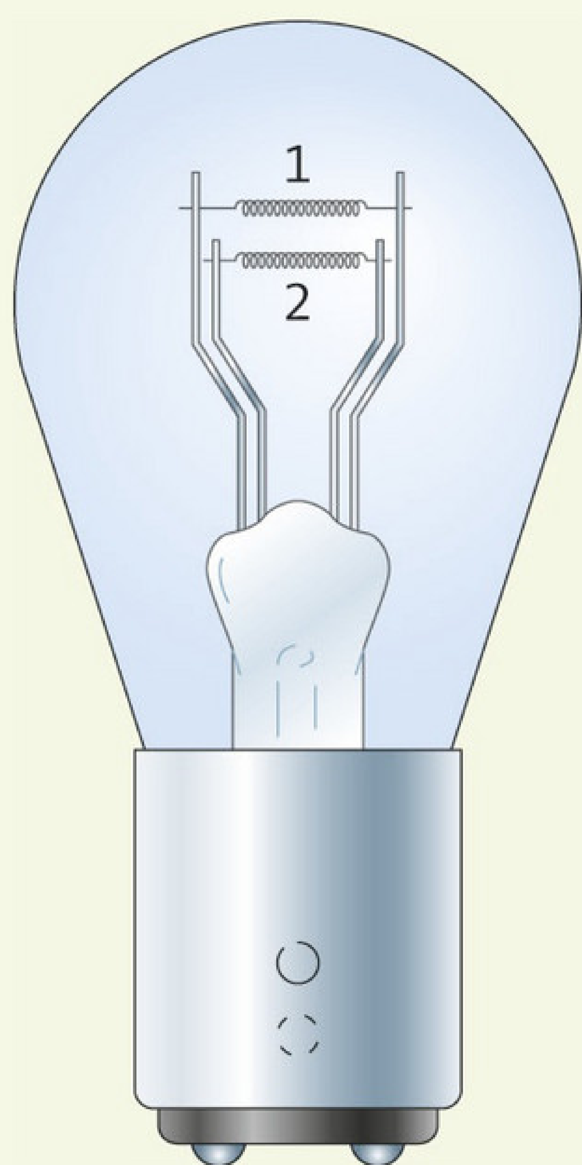
$$\frac{1}{R_v} = 0{,}05$$

$$R_v = \frac{1}{0{,}05} = 20\ \Omega$$

Let erop dat R_v kleiner is dan R_1 en ook kleiner dan R_2. Dat is zo bij elke parallelschakeling.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Remlichten en achterlichten



▲ **afbeelding 12**
een autolamp met twee gloeidraden: één voor het achterlicht, één voor het remlicht

Als je het rempedaal van een auto intrapt, slaan de remmen aan. Tegelijk gaan ook de remlichten branden. De remlichten hebben een eigen schakelaar – de remlichtschakelaar – die wordt bediend via het rempedaal. Als je wilt nagaan of de remlichten het doen, moet je dus het rempedaal even indrukken.

De remlichten werken onafhankelijk van de achterlichten van de auto. Je zou verwachten dat er voor de remlichten en de achterlichten aparte lampen worden gebruikt. Toch is dat niet zo. In plaats daarvan worden autolampen gebruikt met twee gloeidraden (afbeelding 12).

Op zo'n gecombineerd remlicht/achterlicht staat bijvoorbeeld: 12 V 5/21 W. Het eerste gegeven – 12 V – is de accuspanning. Hierop zijn de twee gloeidraden parallel aangesloten. Hierna worden de vermogens van de gloeidraden vermeld. Het achterlicht heeft het kleinste vermogen: 5 W. Het remlicht geeft meer licht en heeft dus het grootste vermogen: 21 W.

3 Automatische schakelaars

In veel winkels gaan deuren automatisch open als je naar binnen wilt. Daar worden speciale schakelingen voor gebruikt.

Een automatisch inbraakalarm

In afbeelding 13 zie je een automatisch inbraakalarm. Het alarm gaat af als iemand het raam opendoet. De schakeling heeft drie onderdelen die je in veel automatische schakelingen tegenkomt: een **sensor**, een **verwerker** en een **actuator**.



▲ **afbeelding 13**
een automatisch inbraakalarm

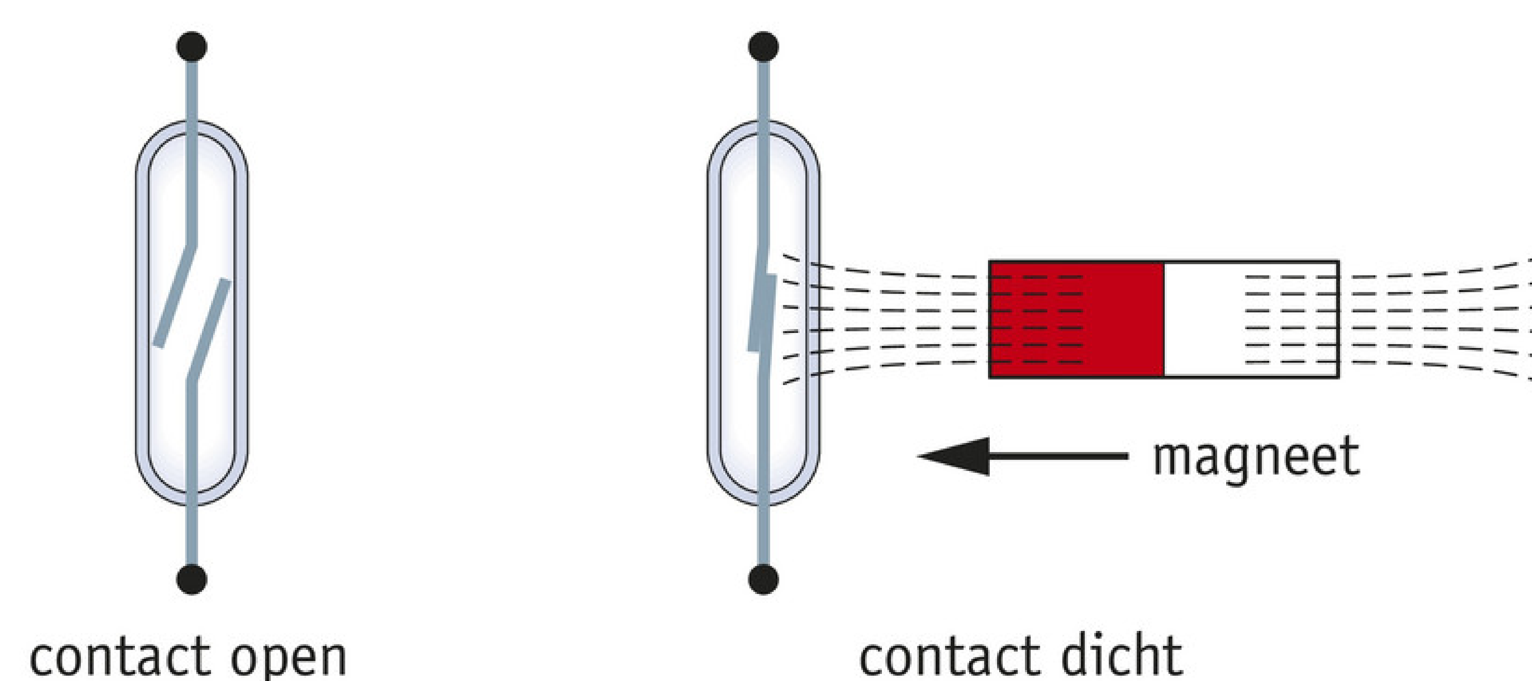
Een sensor geeft informatie over de omgeving, in de vorm van een elektrisch signaal. Zo 'vertelt' hij de schakeling of er in de omgeving iets verandert.

Een verwerker reageert op de informatie van de sensor. Als het signaal van de sensor daar aanleiding voor geeft, schakelt hij de stroom in of juist uit. Voorbeelden van verwerkers zijn bijvoorbeeld:
- schakelaars, die lampen automatisch aan- en uitdoen;
- tellers in drankautomaten, die tellen hoeveel munten er zijn ingeworpen;
- schakelingen in thermostaten, die de kamertemperatuur vergelijken met de ingestelde temperatuur.

Een actuator doet iets als hij van de verwerker een signaal krijgt. Een lamp gaat branden, een sirene gaat loeien, een motor begin te draaien, enzovoort.

De sensor

Een sensor zorgt ervoor dat een automatische schakeling 'weet' wat er in de omgeving gebeurt. Bijvoorbeeld wat de temperatuur in een koelkast is, of hoeveel licht er op de lens van een camera valt.
Het inbraakalarm van afbeelding 13 gebruikt een **reedcontact** als sensor. Een reedcontact is een glazen buisje met daarin twee stalen strips. Als er een magneet bij het reedcontact wordt gehouden, maken de uiteinden van de strips contact (afbeelding 14).



▶ **afbeelding 14**
Een reedcontact sluit als er een magneet bij wordt gehouden.

Het reedcontact zit op het kozijn van een raam. Op het raam zelf wordt een permanente magneet gemonteerd. Als het raam dicht is, zorgt de magneet ervoor dat het reedcontact is gesloten. Er loopt dan een elektrische stroom door het contact. Deze stroom is een signaal aan de verwerker. Het betekent: alles is hier in orde.

Als het raam wordt geopend, gaat de magneet bij het reedcontact weg. Het reedcontact laat dan geen stroom meer door. Het wegvallen van de stroom is een nieuw signaal aan de verwerker: er is iets mis, sla alarm!

De verwerker

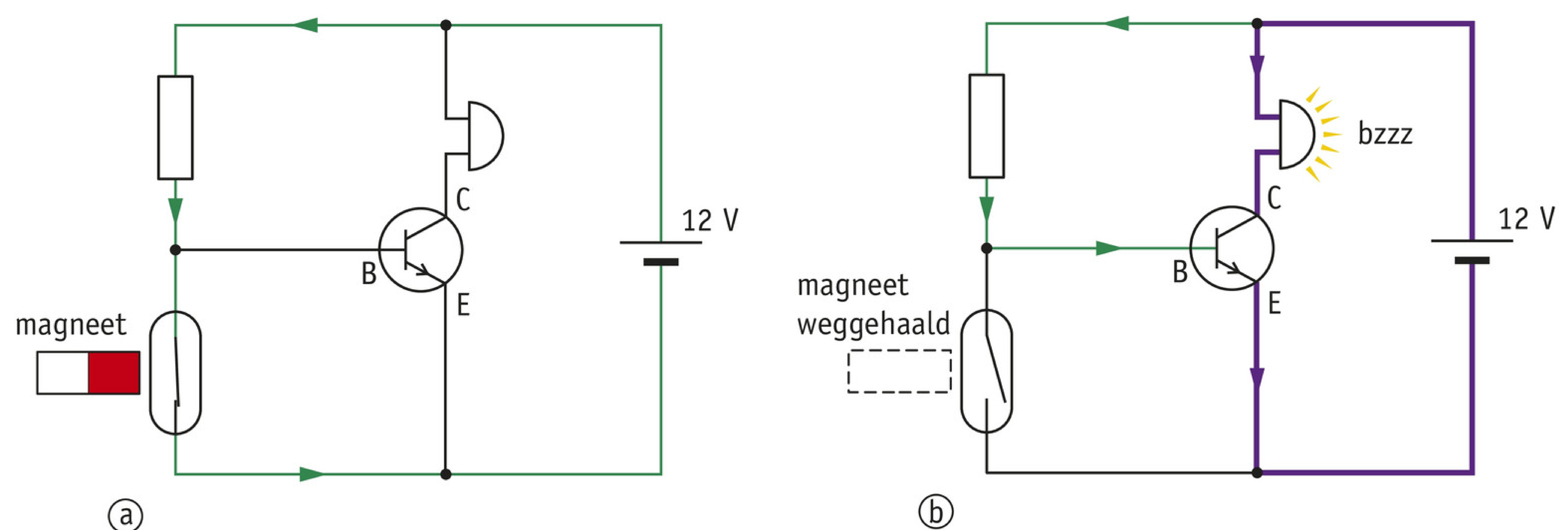
Elke automatische schakeling heeft minstens één verwerker. In het inbraakalarm van afbeelding 13 is dat een **transistor**. Je hebt in leerjaar 3 geleerd dat een transistor drie aansluitpunten heeft: de **collector** (C), de **emitter** (E) en de **basis** (B). Zie het schakelschema in afbeelding 15.

Als het raam dicht is, loopt bijna alle stroom door het reedcontact. Door de basis van de transistor (die een veel grotere weerstand heeft) loopt bijna geen stroom. De transistor staat daardoor in de UIT-stand (afbeelding 15a). Er loopt geen stroom van C naar E.

Als het raam opengaat, verbreekt het reedcontact de stroomkring. Alle stroom gaat nu via de basis naar de minpool van de batterij. De transistor komt nu in de AAN-stand. Er loopt nu wel een stroom door de zoemer van C naar E (afbeelding 15b).

De actuator

De zoemer is de **actuator**: het onderdeel dat in 'opdracht van de verwerker' in actie komt. Als de transistor in de AAN-stand komt te staan, wordt de actuator ingeschakeld: de zoemer geeft geluid en slaat zo alarm.



▲ **afbeelding 15**
het schakelschema van het inbraakalarm

Schakelen met een relais

Met een transistor kun je alleen kleine stromen schakelen. Een zoemer kun je er goed mee aan- en uitzetten, maar een sirene heeft te veel stroom nodig. De transistor zou dan doorbranden. Als je een sirene wilt gebruiken als actuator, moet je een **relais** als automatische schakelaar gebruiken.

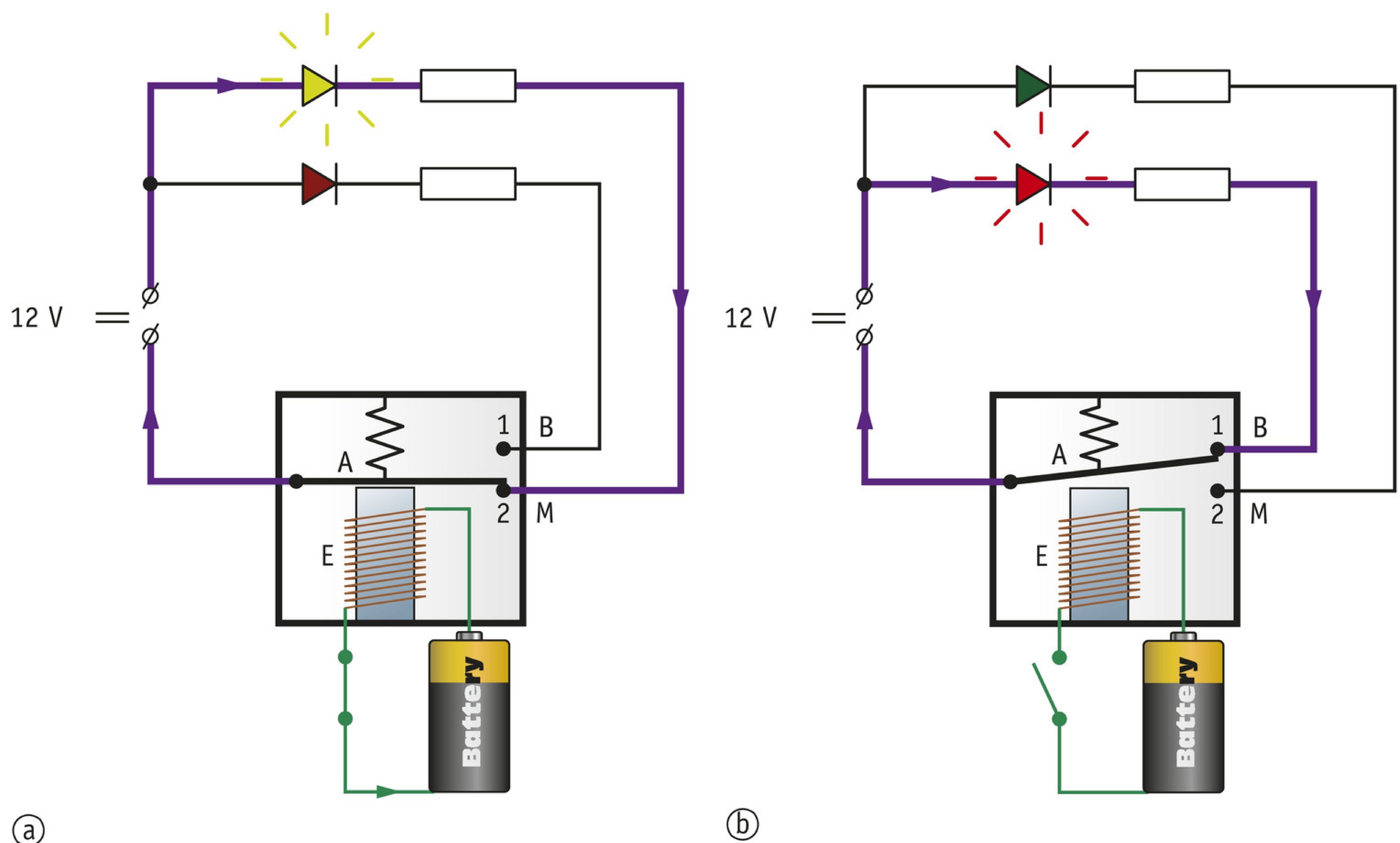
In afbeelding 16 zie je een practicumopstelling met een relais. Als je de stroom door de spoel inschakelt, trekt de spoel het anker naar zich toe. Het anker wordt dan tegen contactpunt 2 gedrukt. Dit contactpunt noem je het maakcontact. Het wordt geactiveerd als je de spoel activeert. De groene led begint nu te branden (16a).

Als je de stroom door de spoel verbreekt, veert het anker terug en wordt tegen contactpunt 1 gedrukt. Je noemt contactpunt 1 het breekcontact. De groene led gaat uit en de rode led gaat branden.

Afhankelijk van wat de schakeling moet doen, sluit je een apparaat aan op het maakcontact of op het breekcontact. Vaak wordt alleen het maakcontact gebruikt, bijvoorbeeld bij de startmotor van een auto. Met de contactsleutel schakel je de stroom door de spoel in, waardoor ook de stroom door de startmotor wordt ingeschakeld. Zodra je de contactsleutel loslaat, loopt er geen stroom meer door de spoel en is de stroomkring met de startmotor verbroken. Het anker maakt dan contact met het breekcontact, waarop geen apparaat is aangesloten (16b).

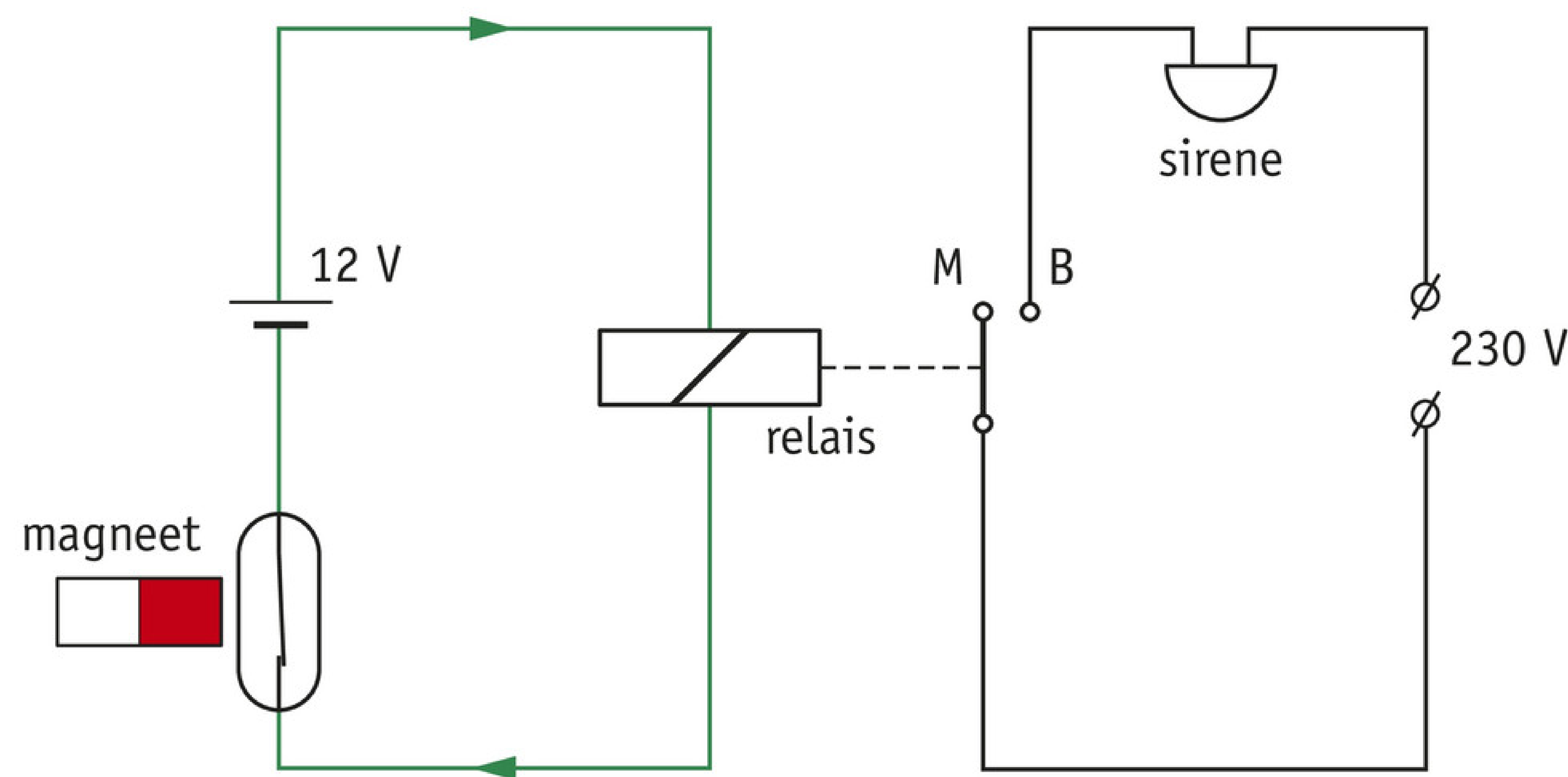
Er is geen grote stroom nodig om een relais te laten schakelen. In de stroomkring van het apparaat kunnen de stroomsterkte en de spanning veel groter zijn. Je kunt het relais op een batterij laten werken, terwijl je het apparaat aansluit op het lichtnet.

▼ afbeelding 16
Zo werkt een relais.



Een inbraakalarm met een sirene

In afbeelding 17 is het schema van een inbraakalarm met een sirene getekend. De schakeling lijkt veel op het inbraakalarm in afbeelding 15. Omdat de sirene op 230 V werkt en veel meer stroom nodig heeft dan een zoemer, wordt ze in- en uitgeschakeld door een relais. Je moet de sirene aansluiten op het breekcontact.



▶ **afbeelding 17**
een inbraakalarm met een sirene

Zolang het raam dichtzit, blijft er stroom door het reedcontact lopen. De spoel van het relais is magnetisch en trekt het anker naar zich toe, zodat dit verbinding maakt met het maakcontact. De sirene, die op het breekcontact is aangesloten, krijgt in deze situatie geen stroom.

Als iemand het raam opendoet, schakelt het reedcontact. De spoel krijgt daardoor geen stroom meer en verliest zijn magnetische kracht. Het anker veert nu terug en maakt verbinding met het breekcontact. Hierdoor wordt de stroom door de sirene ingeschakeld.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



BEROEPENORIËNTATIE

Energie-elektronicus

Als elektronicus moet je van veel markten thuis zijn. Deze energie-elektronicus controleert elektrische machines en installaties en onderhoudt ze. Daarnaast voert hij reparaties uit en installeert machines en modules. Ook programmeert hij de besturing voor machines en zorgt hij ervoor dat bepalingen omtrent arbeidsveiligheid en milieubescherming worden nageleefd.

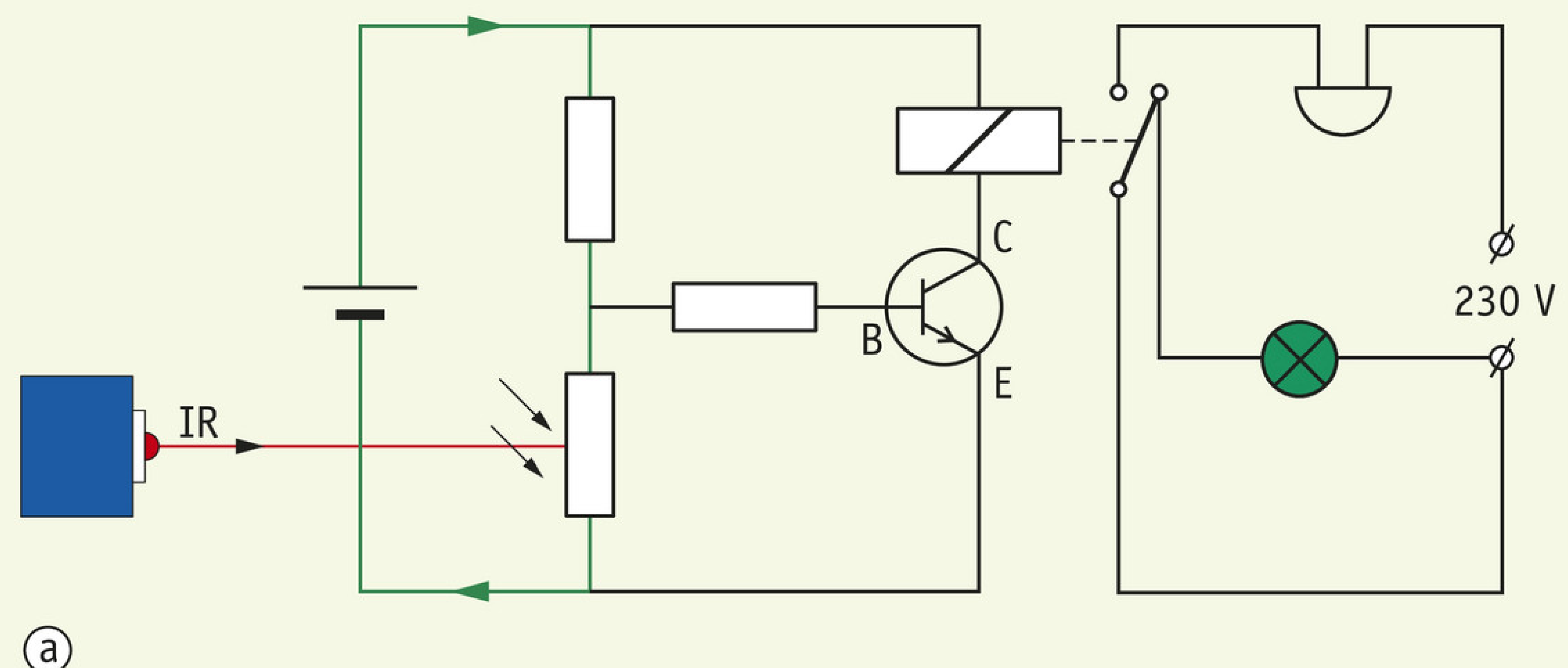
◀ **afbeelding 18**
werken met elektronica

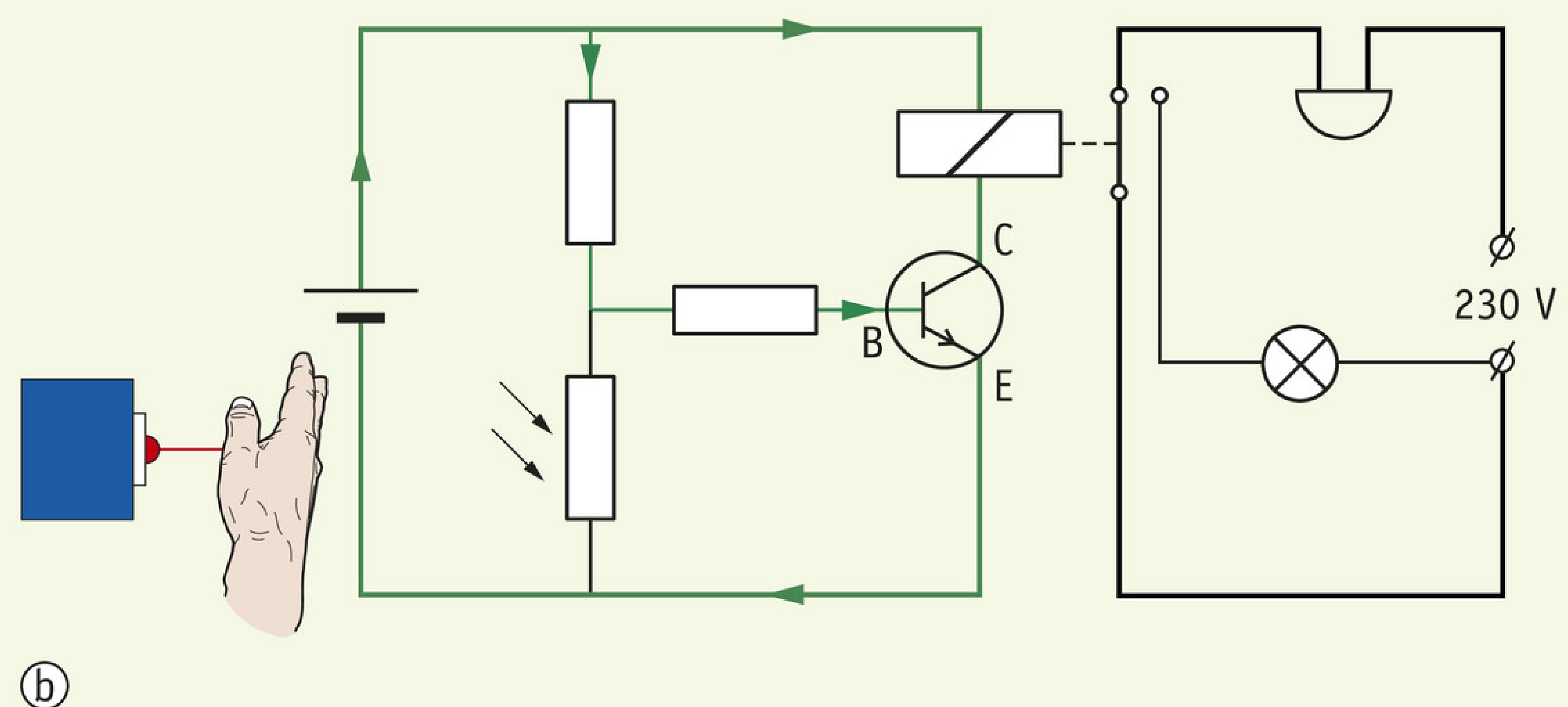
Plus Inbraakalarm met een LDR

In alarmsystemen worden vaak sensoren gebruikt die gevoelig zijn voor straling. In afbeelding 19 zie je een voorbeeld van zo'n alarm. De sirene is aangesloten op het maakcontact. Een groen controlelampje is verbonden met het breekcontact. Als het lampje brandt, weet je dat er spanning op de stroomkringen van het lampje en de sirene staat.

De sensor is een LDR die de (onzichtbare) straling van een infraroodlampje kan waarnemen. Als iemand de dunne ir-straal onderbreekt, valt er geen straling meer op de LDR, waardoor zijn weerstand sterk toeneemt. Er loopt dan een klein stroompje door de basis en de transistor komt in de AAN-stand te staan.

Het kleine basisstroompje zorgt ervoor dat er een veel grotere stroom van de collector naar de emitter loopt. Deze stroom is nog wel te klein voor de sirene. Daarom wordt hij gebruikt om een relais te laten schakelen. Het relais schakelt ten slotte de stroom door de sirene in. Het groene controlelampje gaat dan uit.



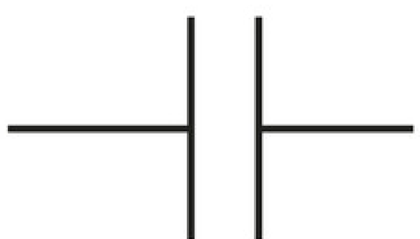


▶ **afbeelding 19**
Dit inbraakalarm maakt gebruik van infrarode straling.

4 Condensatoren



ⓐ



ⓑ

▲ **afbeelding 20**
condensatoren: in het echt (a) en als schakelsymbool (b)

Een automatische ventilator in de wc gaat aan als een bewegingsmelder doorgeeft dat er iemand is binnengekomen. De ventilator moet nog een poos blijven werken nadat de gebruiker de wc heeft verlaten.

De werking van een condensator

In elektronische schakelingen kom je vaak één of meer **condensatoren** tegen (afbeelding 20). Condensatoren worden onder andere gebruikt als oplaadbare spanningsbron. Je kunt er elektrische energie in opslaan, die je later weer kunt gebruiken.

Als je een condensator aansluit op een gelijkspanning, begint hij op te laden. Er gaat dan een **laadstroom** lopen. De stroomsterkte wordt steeds kleiner, totdat de condensator helemaal ‘vol’ is.

Een condensator kan veel minder elektrische energie bevatten dan een oplaadbare batterij. Daardoor laadt een condensator veel sneller op dan een batterij, maar is hij ook veel sneller weer leeg.

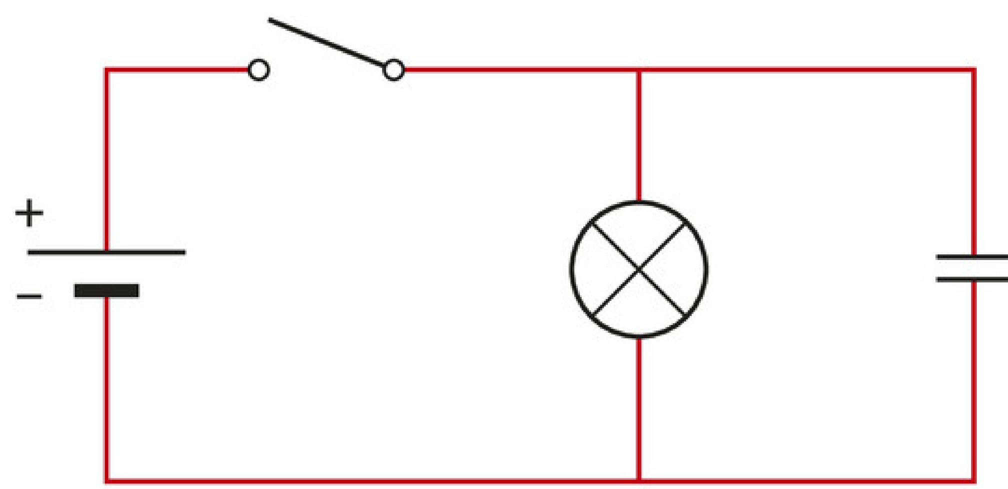
Elke condensator heeft een bepaalde **capaciteit**. De capaciteit bepaalt hoeveel elektrische energie de condensator kan opslaan. De eenheid van capaciteit is farad (F). De meeste condensatoren kunnen maar heel weinig energie opslaan. Daarom wordt voor de capaciteit van een condensator meestal microfarad (μF) gebruikt. Eén microfarad is één miljoenste farad ($1\ \mu F = 10^{-6}\ F$).

Supercondensator

De capaciteit van condensatoren wordt snel groter. In 2014 kwam een ‘supercondensator’ op de markt met een capaciteit tot 3400 F (afbeelding 21). Deze kan bijvoorbeeld worden gebruikt in fietsverlichting met leds en een dynamo. Door de condensator blijft de verlichting nog een tijd branden, terwijl de fietser stilstaat.
Ontwerpers van nieuwe elektronicaproducten hebben al verschillende toepassingen voor de supercondensator gevonden. Bijvoorbeeld:
- Een smartphone-accu met een supercondensator. Deze kan in één minuut worden opgeladen.
- Een zaklamp met leds en een supercondensator. Na anderhalve minuut opladen kun je hem twee uur laten branden.
- Zonnecellen met een supercondensator kunnen veel meer energie uit het zonlicht opslaan.



▲ **afbeelding 21**
een supercondensator

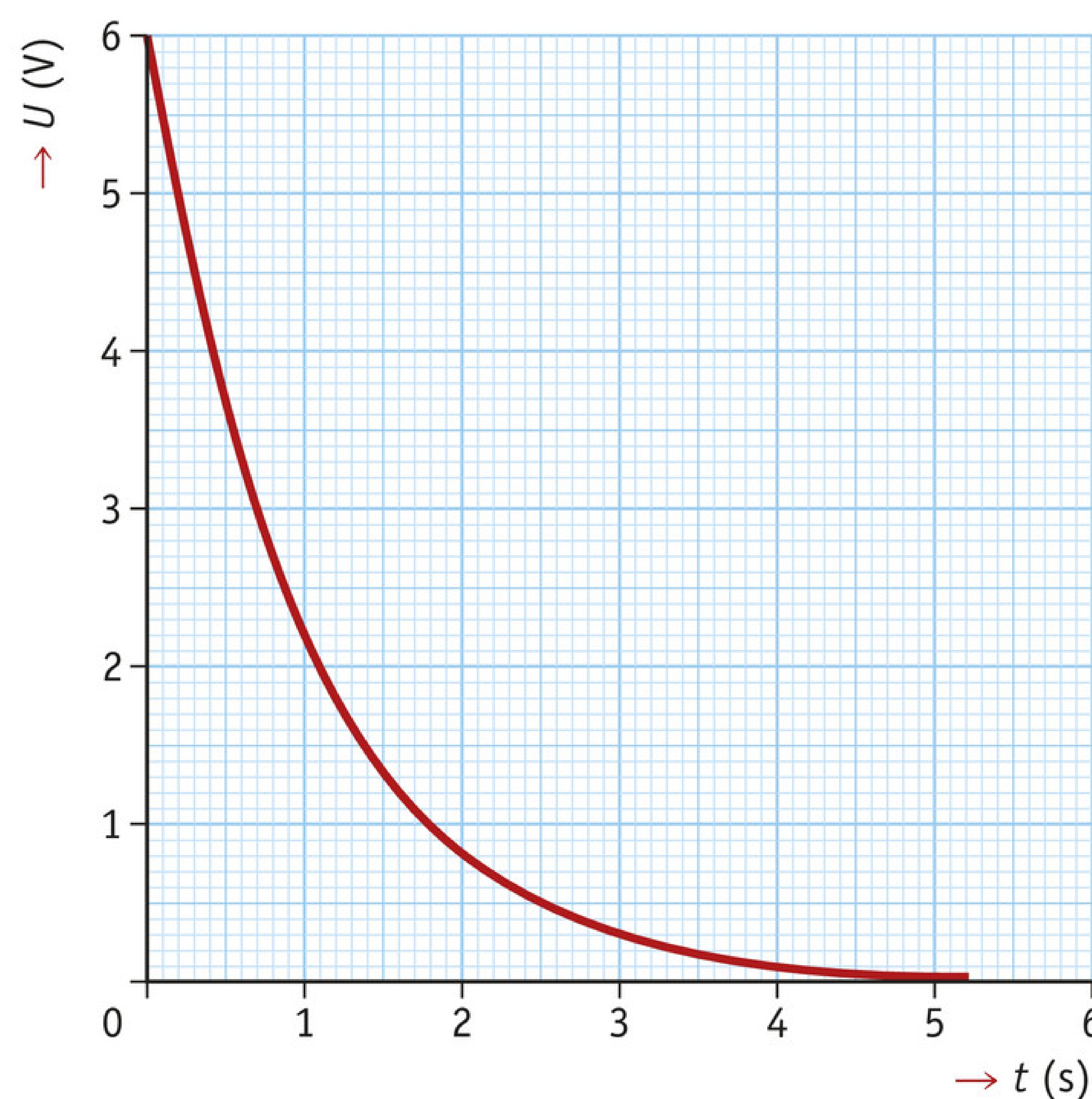


▲ **afbeelding 22**
een eenvoudige schakeling met een condensator

Een schakeling met een condensator

In afbeelding 22 zie je een eenvoudige schakeling met een condensator. Als je de schakelaar sluit, gaat het lampje branden. Tegelijkertijd laadt de condensator op. Na enkele seconden is de condensator vol. Er loopt dan geen laadstroom meer.

Als je de schakelaar weer opent, werkt de condensator enkele seconden als spanningsbron. De condensator ontlaadt daarbij snel. De spanning en de stroomsterkte worden steeds kleiner, tot de condensator weer 'leeg' is (afbeelding 23). Het lampje brandt steeds zwakker en gaat al snel uit.



▶ **afbeelding 23**
De condensator ontlaadt in enkele seconden.

Hoelang het lampje blijft branden, hangt af van:
- de weerstand van het lampje;
- de capaciteit van de condensator.

Uit proeven blijkt: hoe groter de weerstand en de capaciteit, des te langer blijft het lampje branden.

Alleen voor GT

De ventilatorschakeling

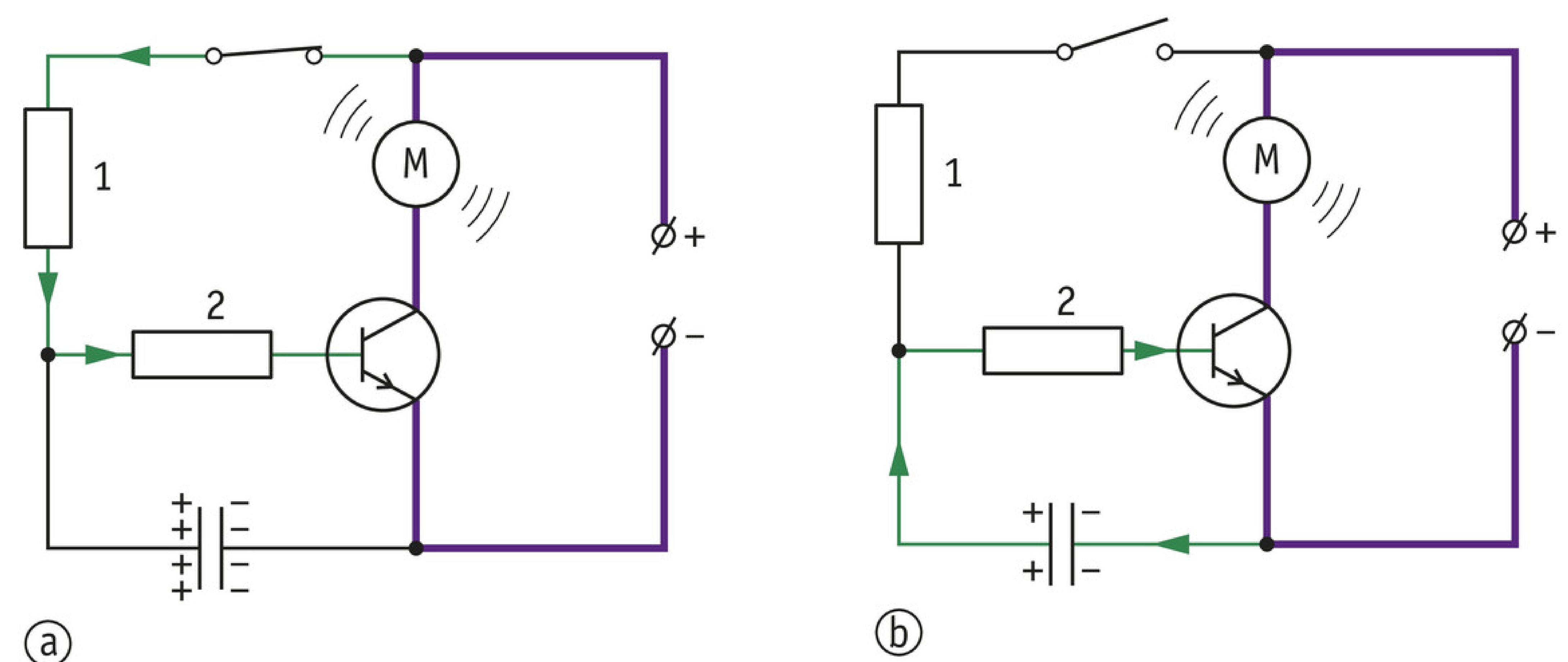
Het ontwerpen van een schakeling begint altijd met een probleem. Bijvoorbeeld:

In het toilet kun je een ventilator inbouwen die wordt aan- en uitgezet door de lichtschakelaar. Eigenlijk moet zo'n ventilator nog even doorgaan met ventileren, nadat een bezoeker het toilet heeft verlaten.
Hoe kun je ervoor zorgen dat de ventilator nog twee minuten doorgaat, als het licht al is uitgedaan?

Je kunt dit ontwerpprobleem oplossen door een schakeling te maken met een condensator. Het werkt alleen niet om de ventilator rechtstreeks op de condensator aan te sluiten op dezelfde manier als het lampje in afbeelding 22. De stroomsterkte door een ventilator is daarvoor veel te groot: de condensator zou in een fractie van een seconde leeg zijn.

In afbeelding 24 zie je een schakeling die wel werkt. De condensator levert het stroompje dat nodig is om de transistor in de AAN-staand te zetten, als het licht wordt uitgezet. De transistor zorgt er op zijn beurt voor dat de ventilator blijft draaien. De **ontlaadstroom** van de condensator loopt door de basis van de transistor en schakelt zo de veel grotere **apparaatstroom** door de ventilator in.

Hoelang de ventilator blijft draaien, hangt af van de capaciteit van de condensator en van de waarde van weerstand 2. Je kunt verschillende condensatoren en weerstanden uittesten. Je kiest uiteindelijk voor de combinatie waarmee je het dichtst bij twee minuten uitkomt.



▶ **afbeelding 24**
een ontwerp voor een ventilatorschakeling

Als je de spanning inschakelt, laadt de condensator op. Na een poosje is hij helemaal vol. De laadstroom is dan 0 A geworden.

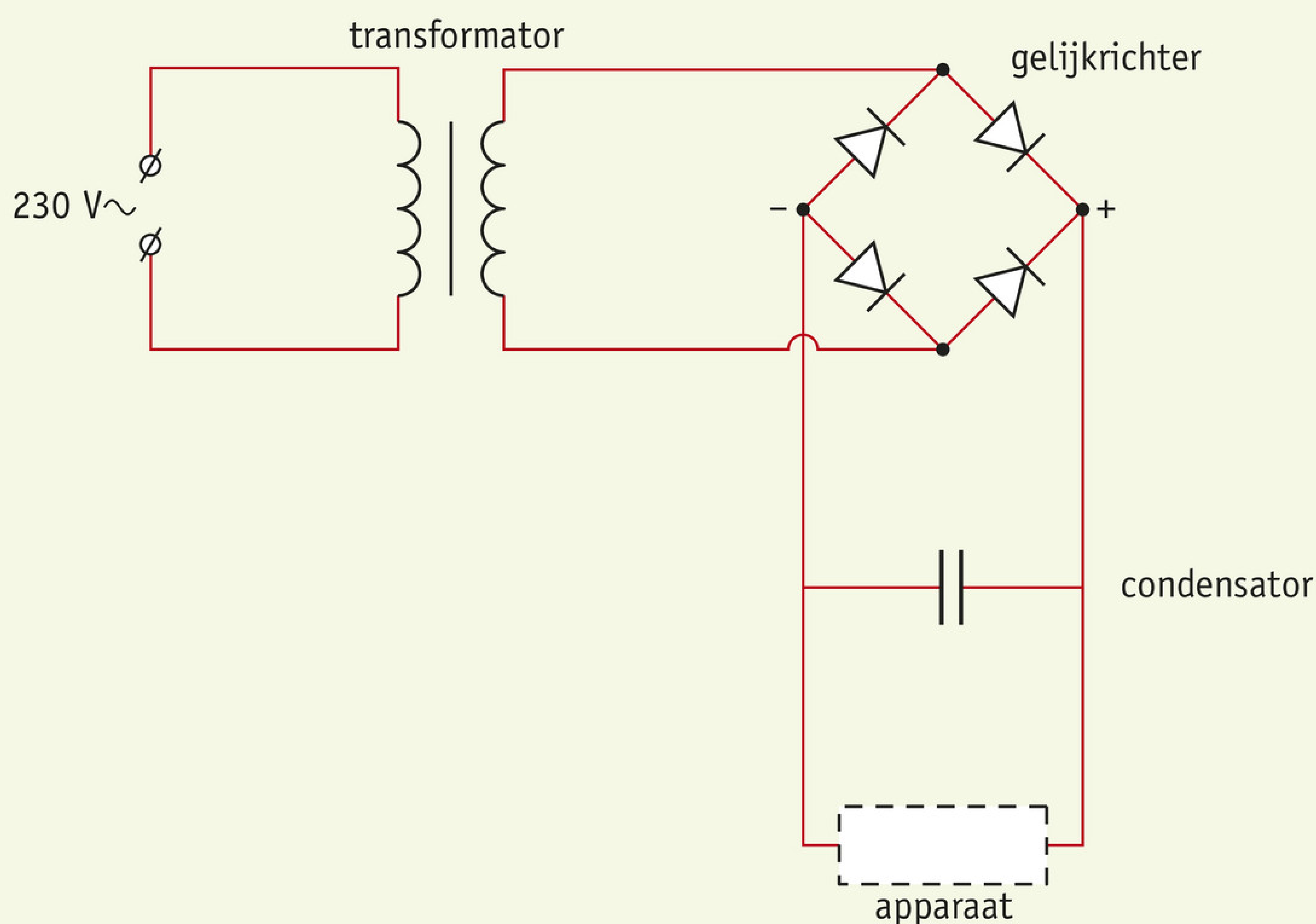
Als je de spanning uitschakelt, ontlaadt de condensator weer. De ontlaadstroom loopt via weerstand 2, de basis en de emitter. Dit stroompje is groot genoeg om de transistor in de AAN-stand te zetten, zodat de ventilator nog een poosje blijft werken.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Van wisselstroom gelijkstroom maken

Om een mobieltje of een fototoestel op te laden, heb je een adapter nodig. Deze zet de wisselspanning van het stopcontact om in een veel lagere gelijkspanning. In afbeelding 25 zie je het schakelschema van een eenvoudige adapter met drie onderdelen:
- een transformator;
- een gelijkrichter;
- een condensator.

▼ **afbeelding 25**
het schakelschema van een gelijkrichter

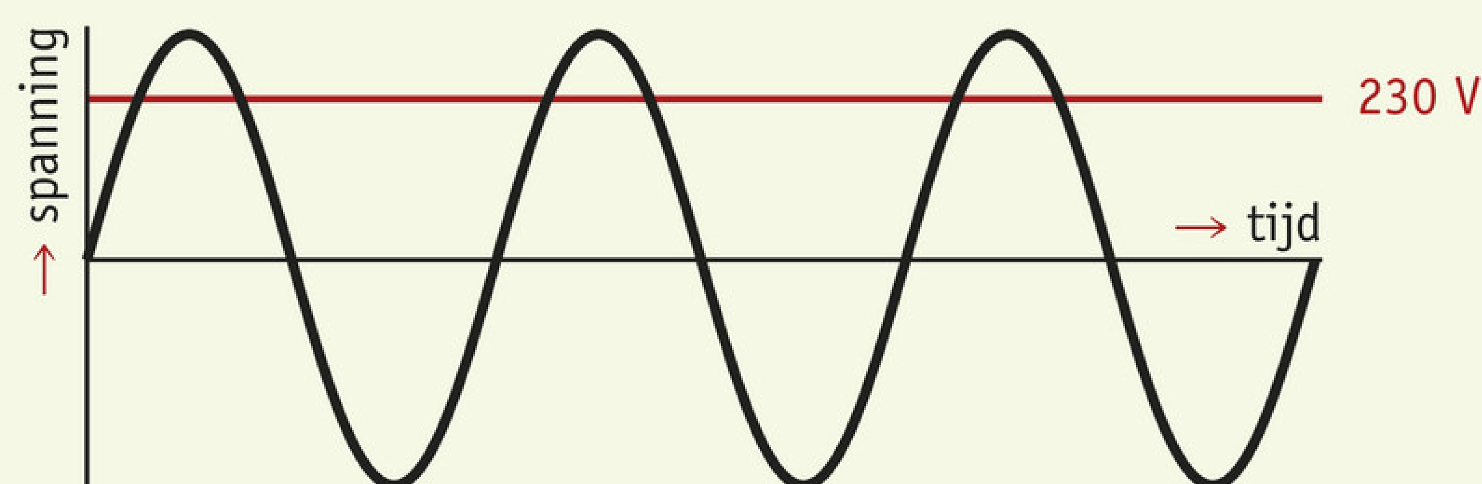


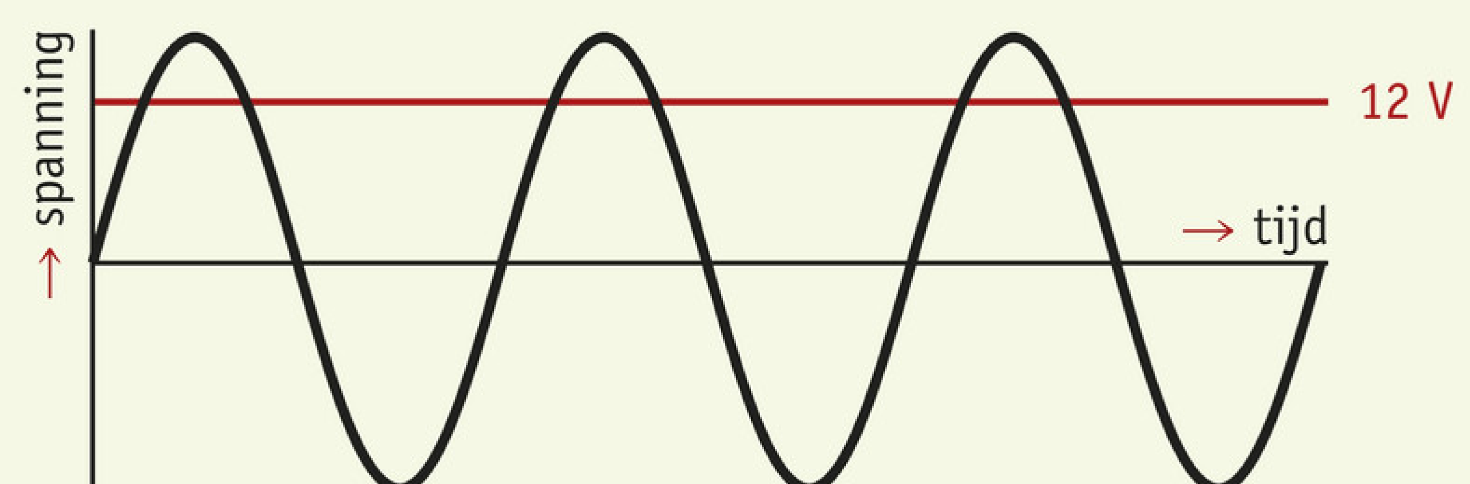
Het lichtnet levert een wisselspanning van effectief 230 V (afbeelding 26a). De transformator zet deze wisselspanning om in een wisselspanning van bijvoorbeeld 12 V (afbeelding 26b).

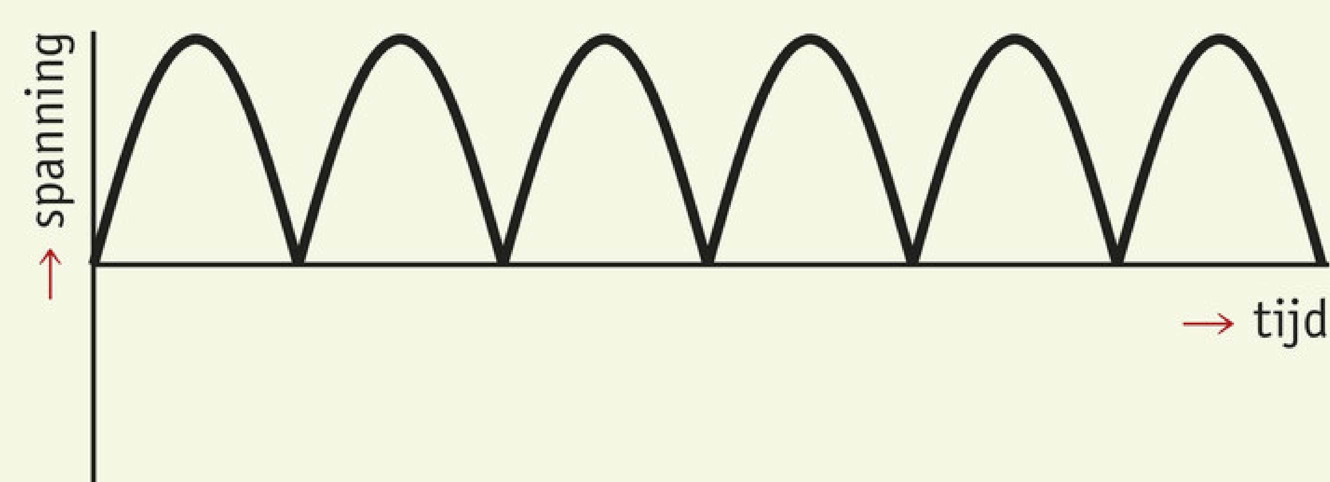
De vier diodes waaruit de gelijkrichter bestaat, zijn zo geschakeld dat de stroom er altijd in dezelfde richting uit komt. De wisselspanning wordt zo omgezet in een gelijkspanning. Deze gelijkspanning is niet 'vlak', maar bestaat uit een reeks pulsen (afbeelding 26c).

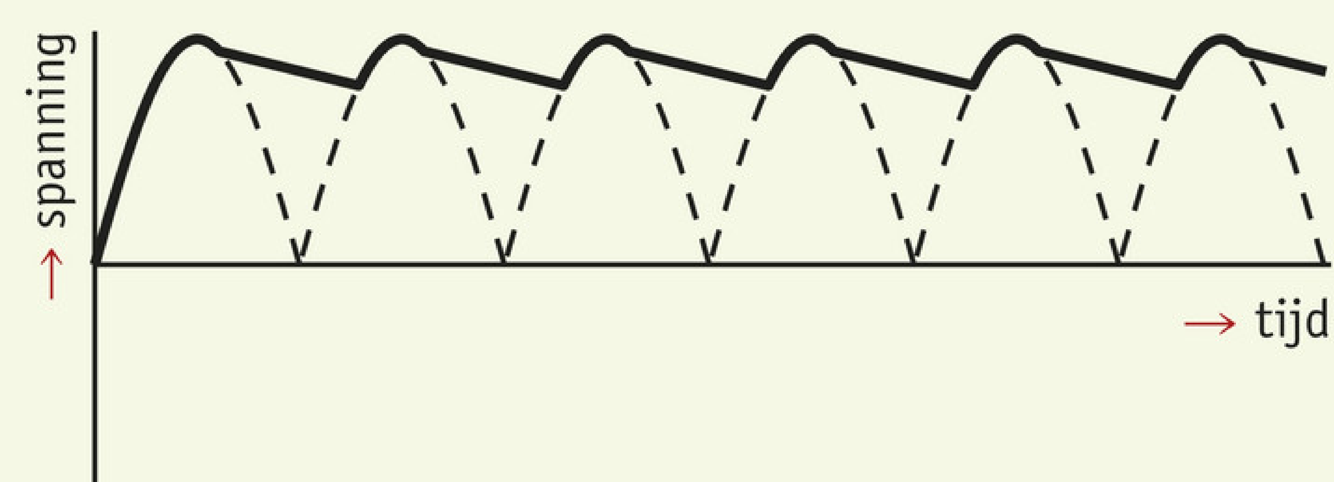
De condensator zorgt er ten slotte voor dat de pulsen van de gelijkstroom worden 'afgevlakt'. Als de spanning stijgt tot haar maximale waarde, wordt de condensator opgeladen. Als de spanning weer daalt, functioneert de condensator als tijdelijke spanningsbron. Hierdoor daalt de spanning veel langzamer: de dalen in het spanningsverloop worden opgevuld (afbeelding 26d).

▼ **afbeelding 26**
van wisselspanning (230 V) naar gelijkspanning (23 V)













10

Bewegingen

Bewegingen bekijken

Een beweging kun je vastleggen in beelden. Die beelden kunnen mensen helpen om een beweging veilig, snel en efficiënt uit te voeren. Niet alleen in het verkeer, maar ook in de sport en op het werk.

1 Bewegingen onderzoeken

Bij een botsproef wordt een nieuwe auto total loss gereden. Met de resultaten van zo'n botsproef kan de autofabrikant nagaan of zijn auto veilig genoeg is.

Bewegingen vastleggen

Het kan lastig zijn om aan een bewegend voorwerp metingen te verrichten. Het voorwerp staat immers niet stil. Er zijn verschillende manieren bedacht om bewegingen in beeld te brengen. Een turntrainer gebruikt videobeelden om zijn turners een nieuwe beweging aan te leren. Een verkeersleider gebruikt radarbeelden om het vliegverkeer rond een luchthaven te regelen. Een jurylid gebruikt een finishfoto om te zien wie een atletiekwedstrijd gewonnen heeft.

Twee mogelijkheden om een beweging in beelden vast te leggen zijn stroboscopische foto's en video-opnamen.

Stroboscopische foto's

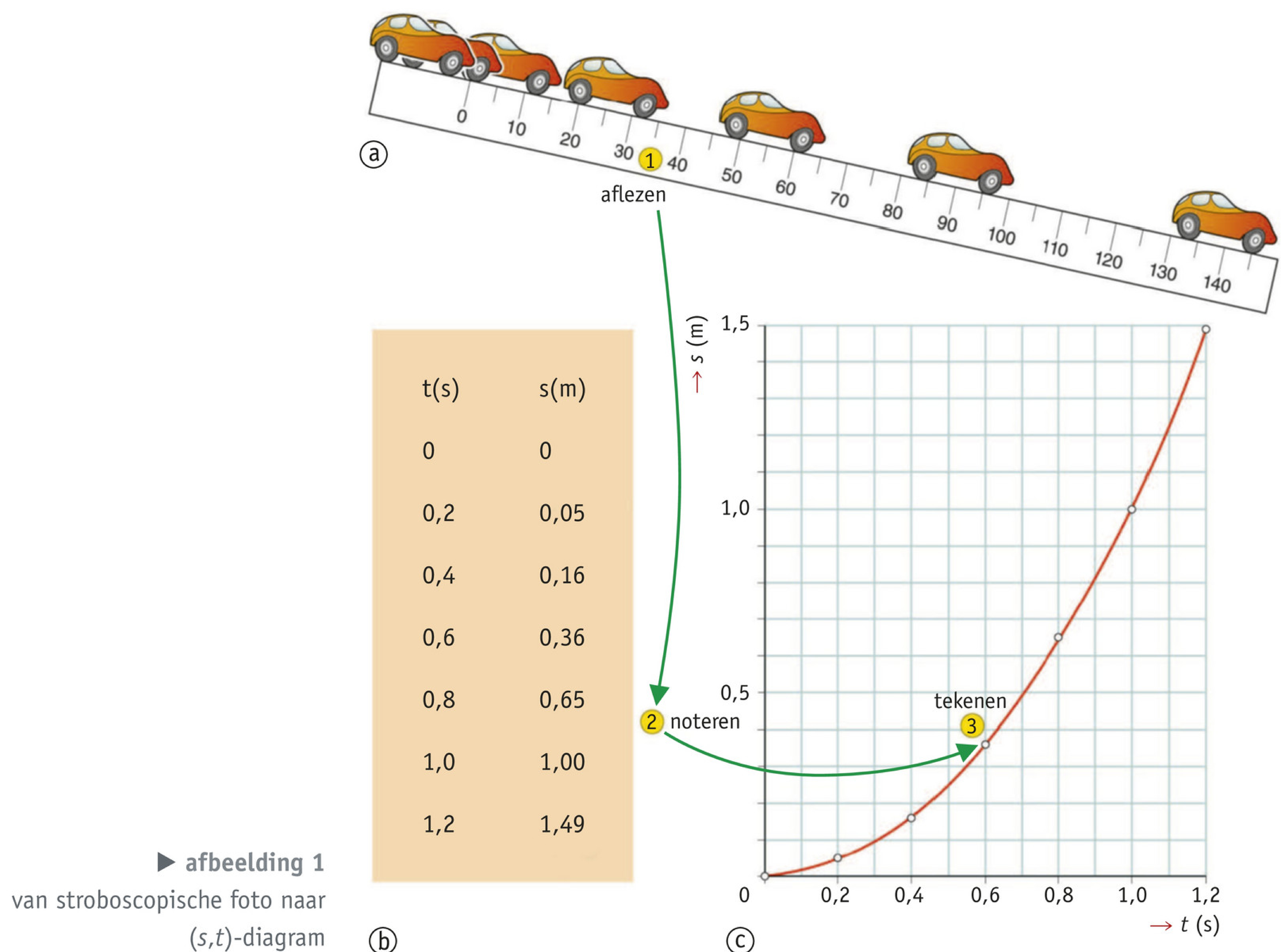
Een stroboscopische foto wordt gemaakt in een verduisterde ruimte, met als enige verlichting een stroboscooplamp. Dat is een lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft. De sluiter van het fototoestel staat gedurende de hele beweging open. Elke keer dat de stroboscooplamp een lichtflits geeft, wordt op de foto één momentopname gemaakt. Zo krijg je één foto waarop een aantal momenten van de beweging is vastgelegd.

Video-opnamen

Met een videocamera kun je een beweging filmen. Na afloop kun je de beeldjes van de beweging één voor één bekijken en bestuderen. Op een opname van een botsproef kun je bijvoorbeeld zien of een auto de inzittenden voldoende beschermt en zo niet, wat er dan precies misgaat.

Gegevens verzamelen uit een stroboscopische foto

In afbeelding 1 zie je een schematische weergave van een stroboscopische foto. Om gegevens uit zo'n stroboscopische foto af te kunnen lezen, moet je twee dingen weten:
- hoe groot de tijdsduur is tussen twee flitsen van de stroboscoop;
- hoe groot de afstanden op de foto in werkelijkheid zijn.



▶ **afbeelding 1**
van stroboscopische foto naar (s,t)-diagram

Bij het maken van afbeelding 1 flitste de lamp met een frequentie van 5 Hz. De tijd tussen twee opeenvolgende opnamen is dus 1 / 5 = 0,2 s. Langs het hellend vlak waarover de auto beweegt, is een meetlat gelegd. Daarop kun je de afgelegde afstand aflezen.

Voorbeeld
Hoe groot is de afstand die de auto aflegt in de eerste 0,6 seconden? Ga ervan uit dat de eerste foto werd genomen toen de beweging begon.

De eerste foto is genomen op t_1 = 0 s. De tweede foto is genomen op t_2 = 0,2 s, de derde op t_3 = 0,4 s en de vierde op t_4 = 0,6 s. De neus van het autootje bevond zich op de vierde foto op 36 cm van het startpunt. De afgelegde afstand na 0,6 seconden is dus 36 cm = 0,36 m.

Een (*s*,*t*)-diagram maken Proef 1

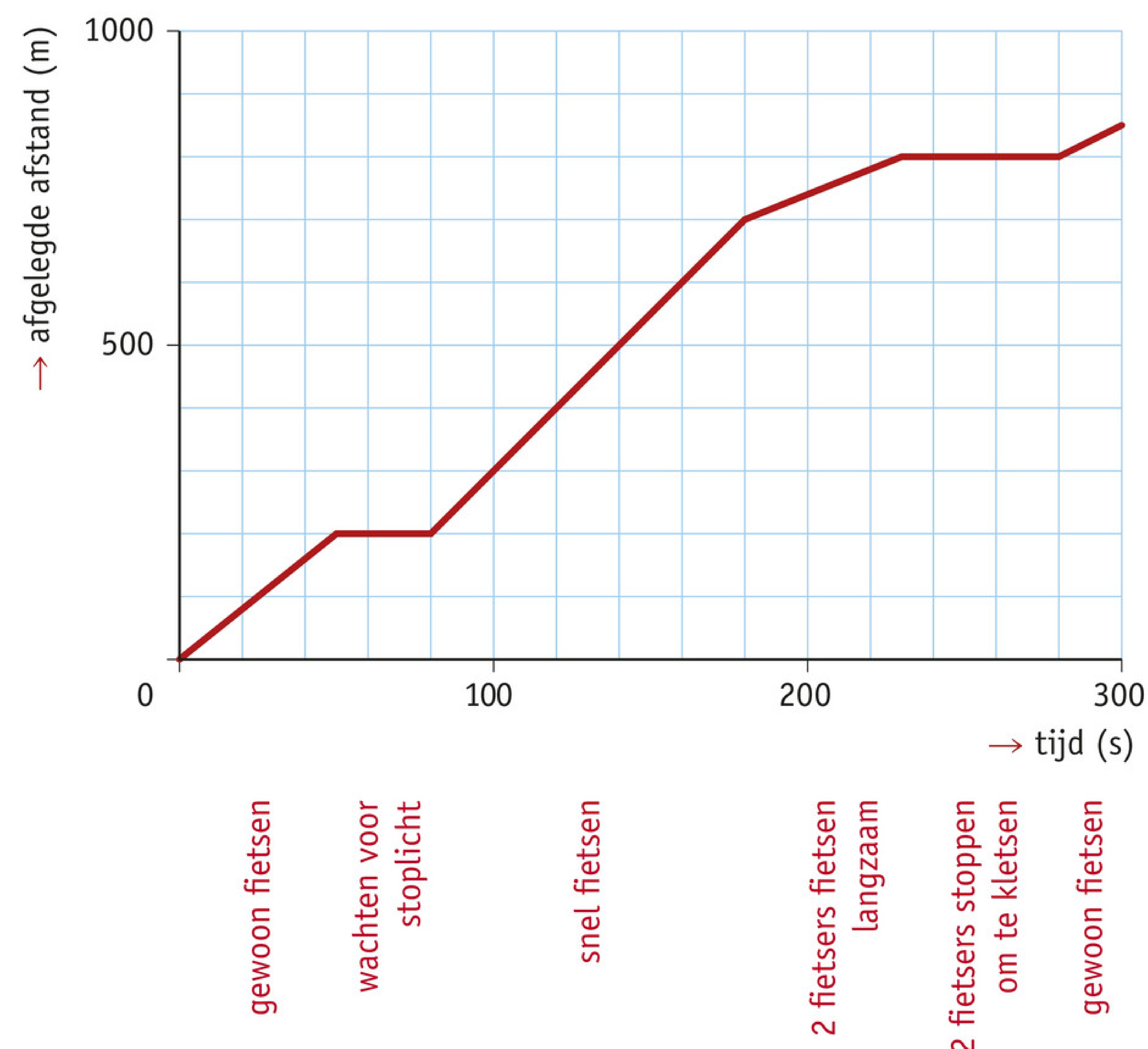
Je kunt de gegevens uit een stroboscopische foto verwerken tot een **(*s*,*t*)-diagram**. Daarbij ga je als volgt te werk:

1 Lees uit de foto af hoe groot de afgelegde afstand (*s*) is op verschillende tijdstippen (*t*), zie afbeelding 1a.
2 Noteer de gegevens over de tijd en de afgelegde afstand in een tabel: de tijd links en de afgelegde afstand rechts, zie afbeelding 1b.
3 Teken het (*s*,*t*)-diagram met behulp van de gegevens in de tabel, zie afbeelding 1c.
Langs de horizontale as zet je de tijd en langs de verticale as de afgelegde afstand.

De gemiddelde snelheid

Als je door een drukke stad fietst, kun je niet steeds dezelfde snelheid aanhouden. Je moet remmen, stoppen, wachten voor een stoplicht, weer snelheid maken, enzovoort. In afbeelding 2 zie je het (*s*,*t*)-diagram van zo'n beweging.
Je kunt de **gemiddelde snelheid** (v_{gem}) van een beweging berekenen met de formule:

$$v_{gem} = \frac{s}{t}$$



▲ **afbeelding 2**
het (*s*,*t*)-diagram van een fietstocht met hindernissen

In dit geval kun je *s* en *t* aflezen uit het (*s*,*t*)-diagram. Als je *s* invult in meters en *t* in seconden, dan vind je de gemiddelde snelheid in m/s. Wil je weten hoe groot de snelheid is in km/h, dan vermenigvuldig je de uitkomst met 3,6. Er geldt immers:

$$1\ \text{m/s} = \frac{1\ \text{m}}{1\ \text{s}} = \frac{3600 \times 1\ \text{m}}{3600 \times 1\ \text{s}} = \frac{3{,}6\ \text{km}}{1\ \text{h}} = 3{,}6\ \text{km/h}$$

▼ **afbeelding 3**
Sang-hwa Lee op weg naar een wereldrecord op de 500 meter



Voorbeeld
Sang-hwa Lee schaatste op 16 november 2013 een wereldrecord op de 500 meter. Haar tussentijd na 100 meter was 10,09 s, de eindtijd was 36,36 s.
Bereken de gemiddelde snelheid in km/h over de eerste 100 meter.
Bereken de gemiddelde snelheid in km/h over de hele 500 meter.

$$v_{gem} = \frac{s}{t} = \frac{100}{10{,}09} = 9{,}91\ldots\ \text{m/s} \approx 35{,}7\ \text{km/h}$$

$$v_{gem} = \frac{s}{t} = \frac{500}{36{,}36} = 13{,}7\ldots\ \text{m/s} \approx 49{,}5\ \text{km/h}$$

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

BEROEPENORIËNTATIE

Planner wegtransport

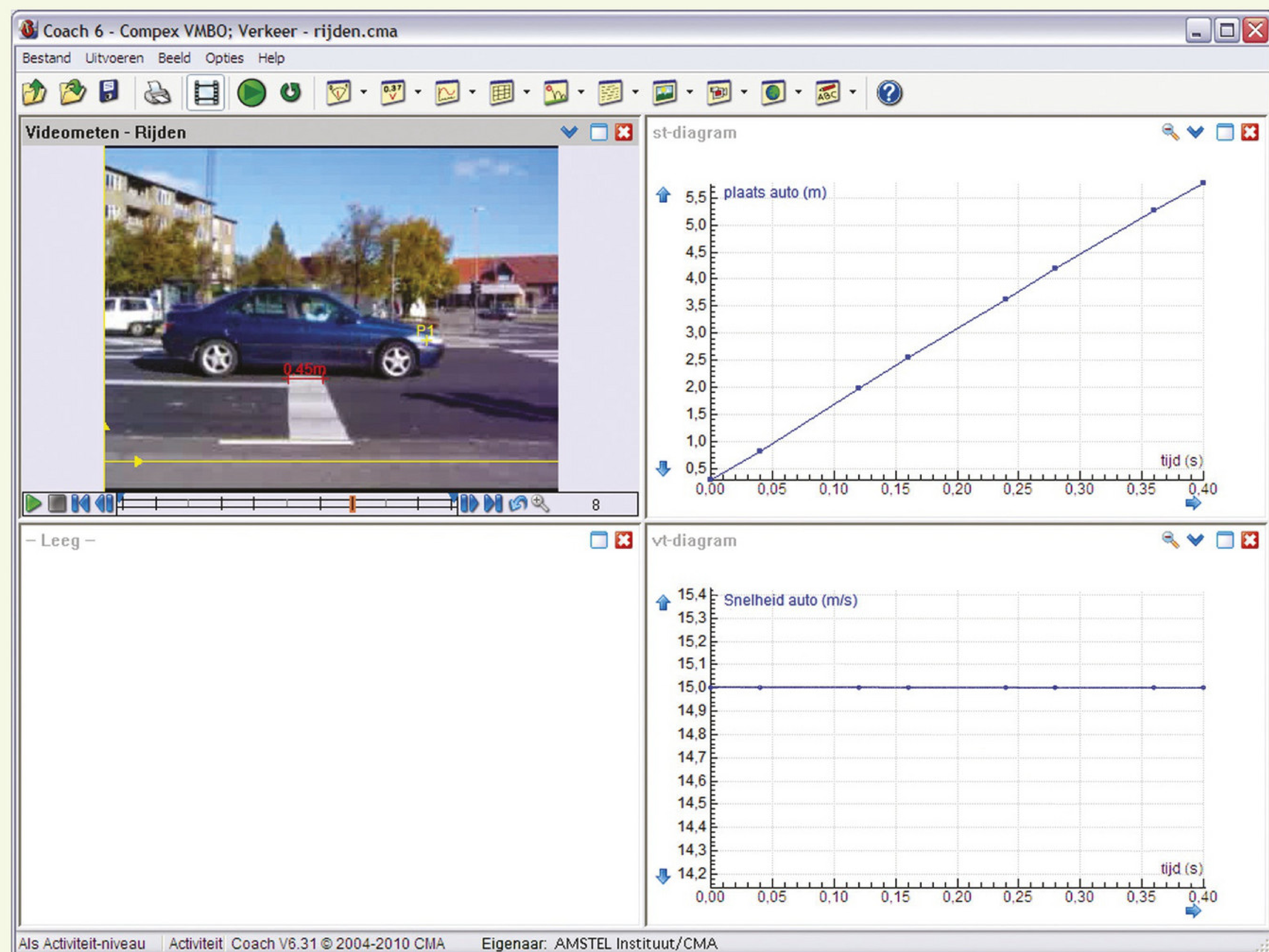
De gemiddelde snelheid van een vrachtwagen hangt af van tal van factoren, bijvoorbeeld de conditie van de weg, files en de weersomstandigheden. Als planner wegtransport weet je uit ervaring hoelang het duurt om met een vrachtwagen een bepaalde rit te maken. Jij zorgt ervoor dat de chauffeurs op tijd en naar de juiste bestemming rijden. Door vrachten slim te combineren laat je de vrachtwagens zo efficiënt mogelijk rijden.

Plus Videometen

Met een videocamera leg je een beweging vast in een aantal beeldjes. Met een computermeetprogramma zoals Coach kun je de beweging daarna beeldje voor beeldje analyseren. Je moet daarvoor zelf meetpunten in de beeldjes aangeven. De computer voert daarna de nodige metingen en berekeningen uit. Ook tekent hij een (*s*,*t*)-diagram en een (*v*,*t*)-diagram van de beweging.

In afbeelding 4 zie je het scherm van een computermeetprogramma. Linksboven is de video-opname te zien, met twee meetpunten, P_1 en P_2. Rechtsboven is het (*s*,*t*)-diagram van de beweging getekend en rechtsonder het (*v*,*t*)-diagram.

Met de gegevens uit de diagrammen kun je zelf ook weer berekeningen uitvoeren. Met de gegevens uit het (*s*,*t*)-diagram rechtsboven kun je bijvoorbeeld de gemiddelde snelheid van de beweging uitrekenen.



▲ **afbeelding 4**
het scherm van een computermeetprogramma

2 Snelheid en versnelling

De snelheid van een bewegend voorwerp is vrijwel nooit constant. Als een brommer optrekt, neemt de snelheid toe. Van een brommer die remt voor een stoplicht neemt de snelheid juist af.

Een (*v*,*t*)-diagram maken

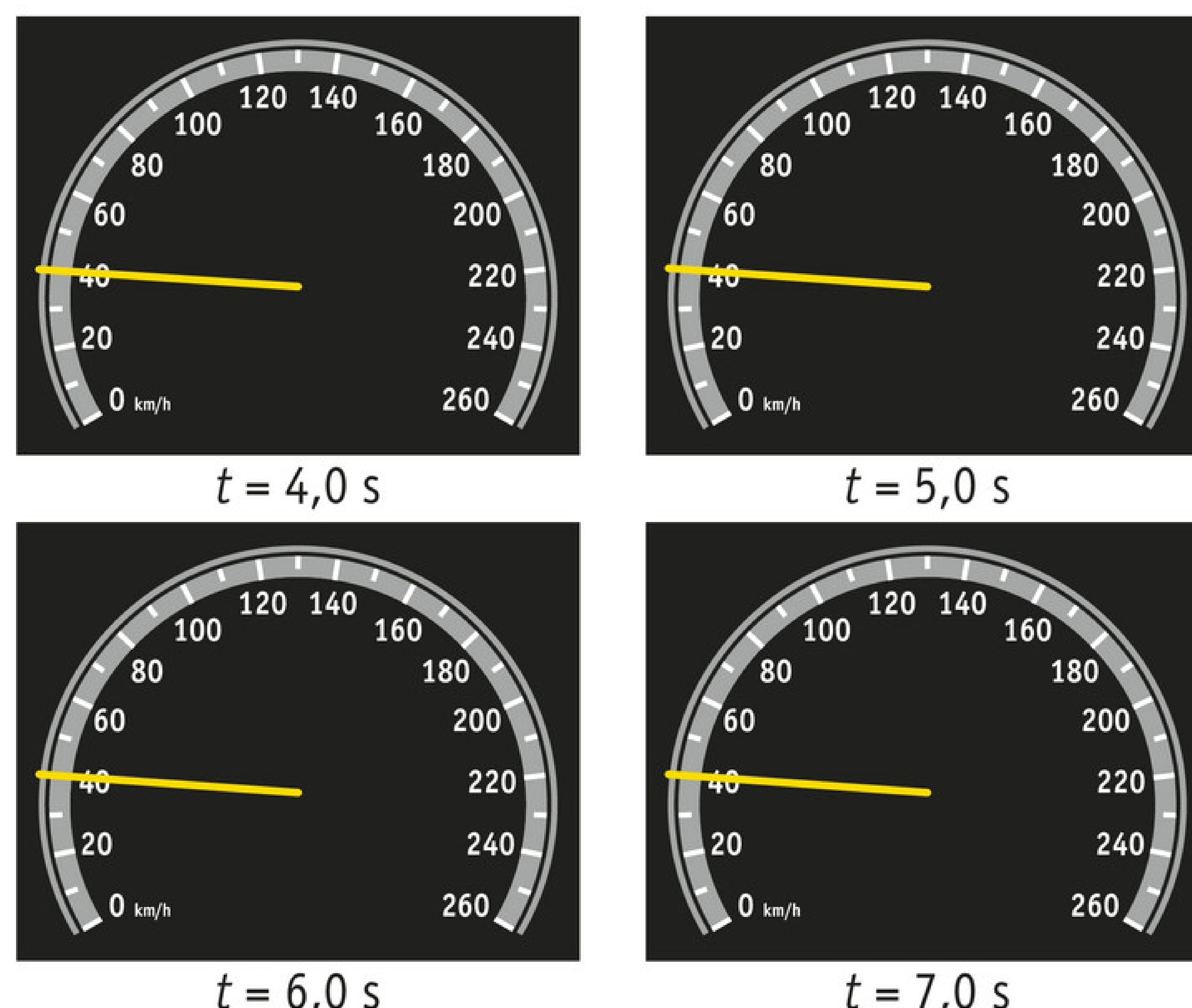
Op de snelheidsmeter van een auto kun je zien hoe snel de auto op een bepaald moment beweegt. Als je de snelheidsmeter met tussenpozen van één seconde fotografeert, krijg je een serie afbeeldingen zoals in afbeelding 5a. Op de afbeeldingen kun je aflezen hoe groot de snelheid is op t = 0 s, t = 1 s, t = 2,0 s, enzovoort.

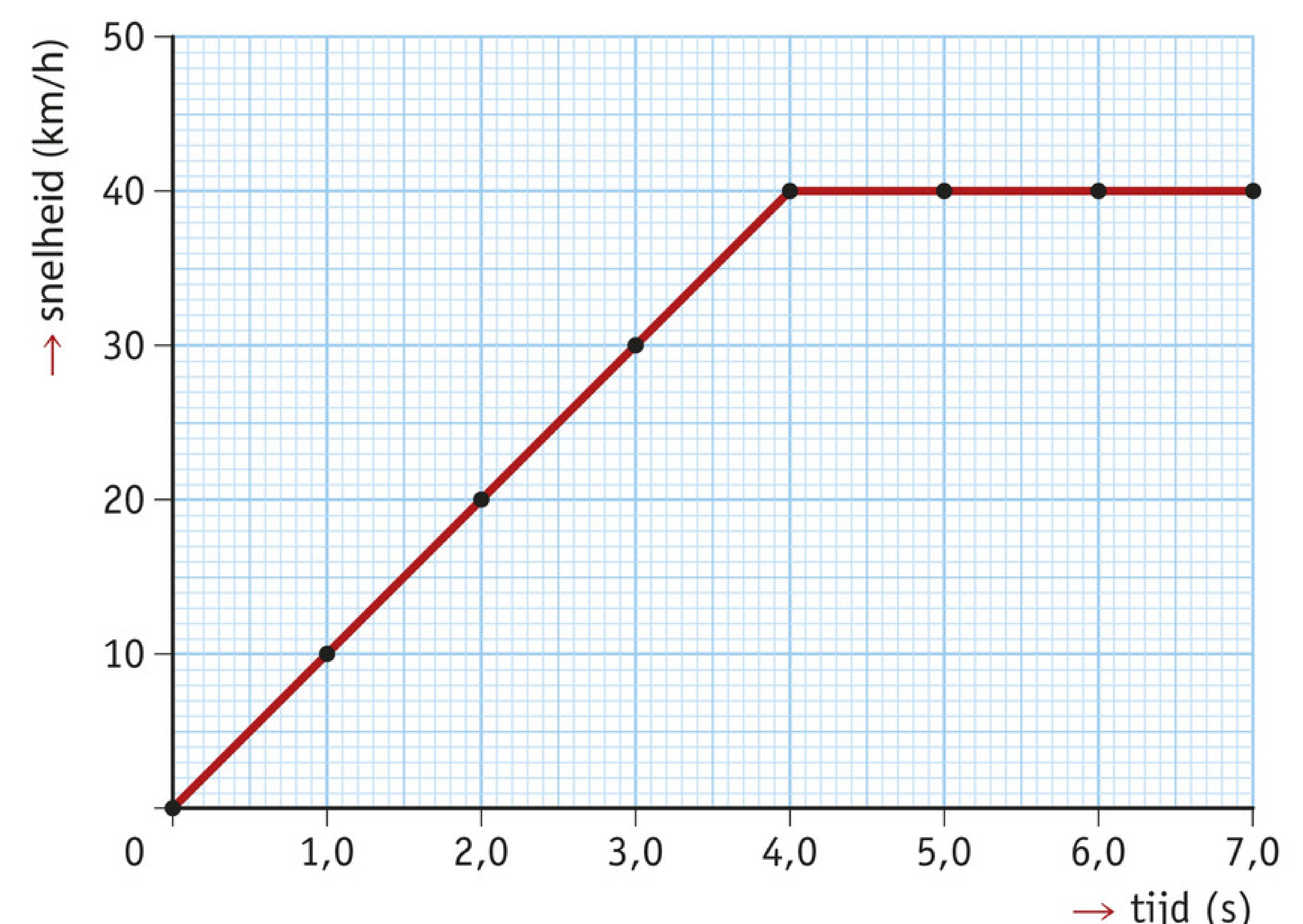
Met de gegevens uit afbeelding 5a kun je een **(*v*,*t*)-diagram** tekenen van de beweging. In figuur 5b zie je zo'n (*v*,*t*)-diagram. Langs de horizontale as staat de tijd (*t*), langs de verticale as de snelheid (*v*). Je ziet dat de snelheid eerst toeneemt en vervolgens constant blijft.

Je kunt de beweging van de auto verdelen in twee delen:
- Van t = 0 tot t = 4,0 s neemt de snelheid toe: de beweging is **versneld**. De auto begint te bewegen op t = 0 s en trekt daarna geleidelijk op.
- Op t = 4,0 s heeft de auto de snelheid bereikt die de bestuurder wil: 40 km/h. De auto rijdt daarna met dezelfde snelheid verder. Zo'n beweging waarvan de snelheid niet verandert, noem je een **eenparige** beweging.

Let erop dat je een (*v*,*t*)-diagram (snelheid,tijd) niet verwart met een (*s*,*t*)-diagram (afstand,tijd). Kijk altijd goed welke grootheden en eenheden langs de assen staan.

▼ **afbeelding 5**
Eerst beweegt de auto versneld, daarna beweegt hij eenparig.

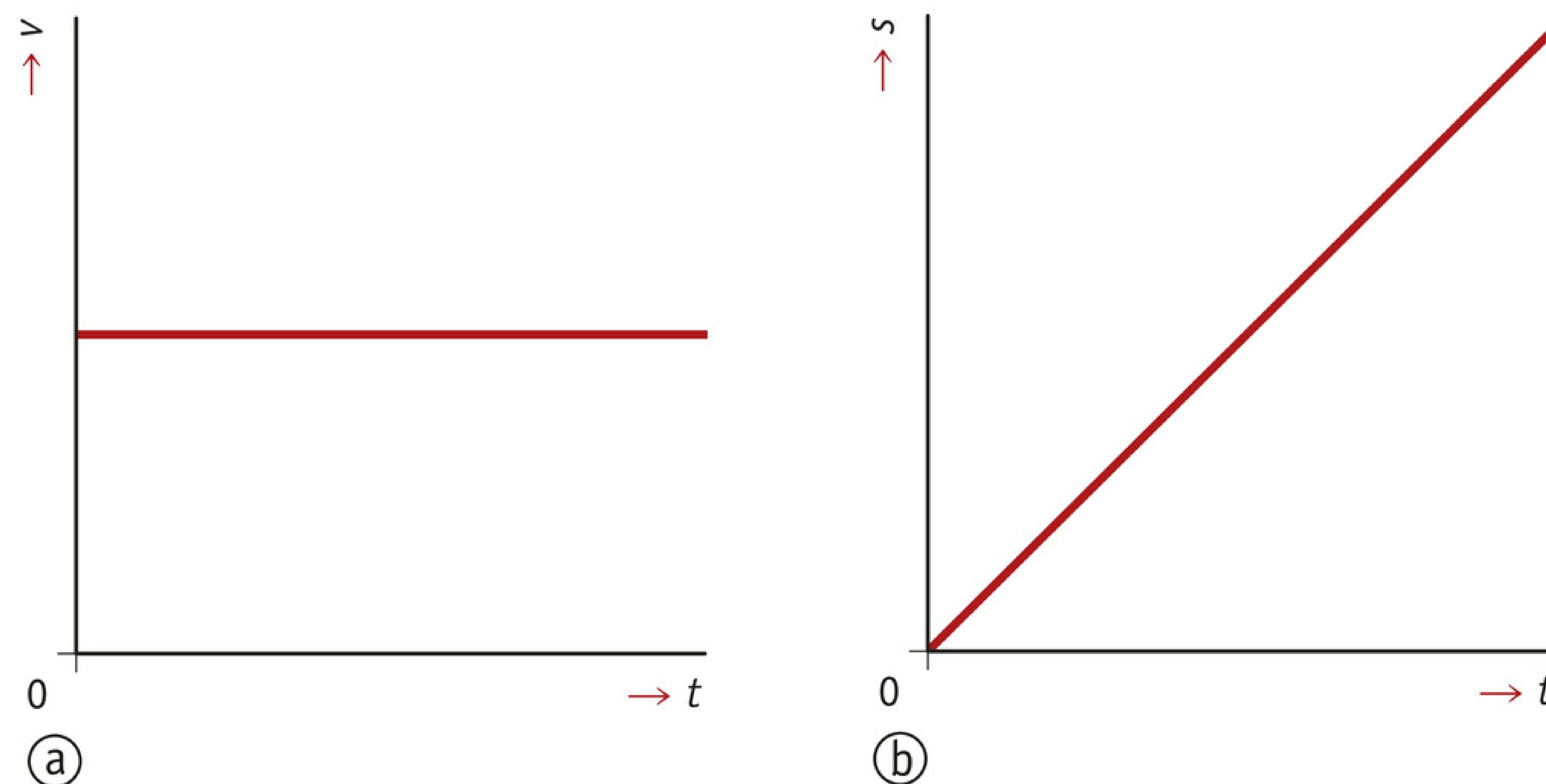




Eenparige bewegingen

Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. De snelheid stijgt niet en daalt ook niet. Dat betekent dat het (v,t)-diagram eruitziet zoals in afbeelding 6a: de grafiek is een rechte lijn die horizontaal loopt.

Bij een eenparige beweging neemt de afgelegde afstand gelijkmatig toe: elke seconde komt er evenveel bij. Dat betekent dat het (s,t)-diagram er zo uitziet als in figuur 6b: de grafiek is een rechte lijn die schuin omhoog-loopt.



▶ afbeelding 6
het (v,t)-diagram (a) en het (s,t)-diagram (b) van een eenparige beweging

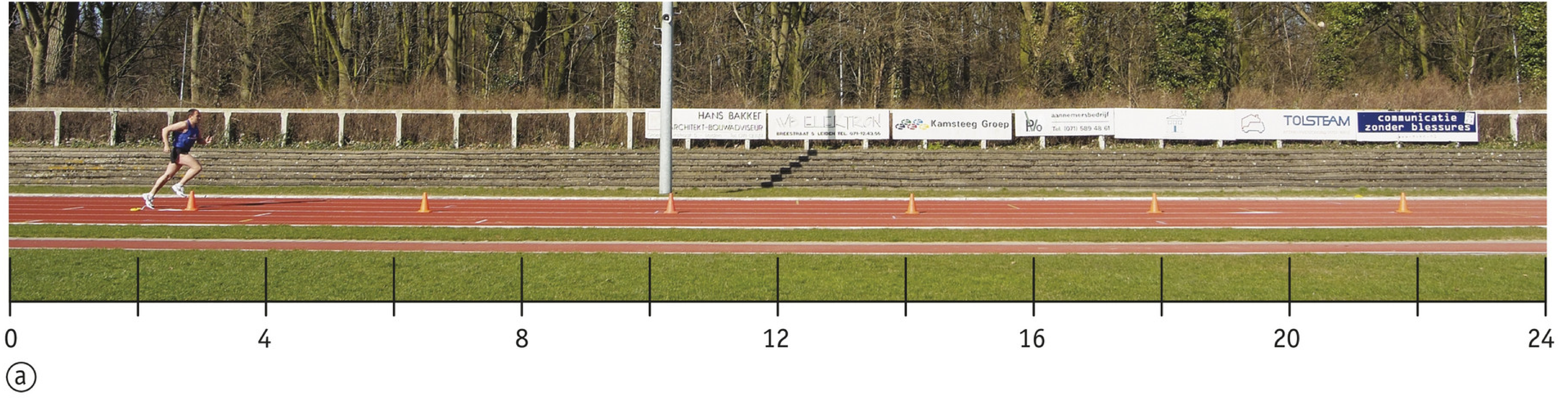
Bij een eenparige beweging verandert de snelheid niet. Als je de gemiddelde snelheid kent, weet je meteen hoe groot de snelheid was op elk moment van de beweging. Bij een eenparige beweging geldt dus:

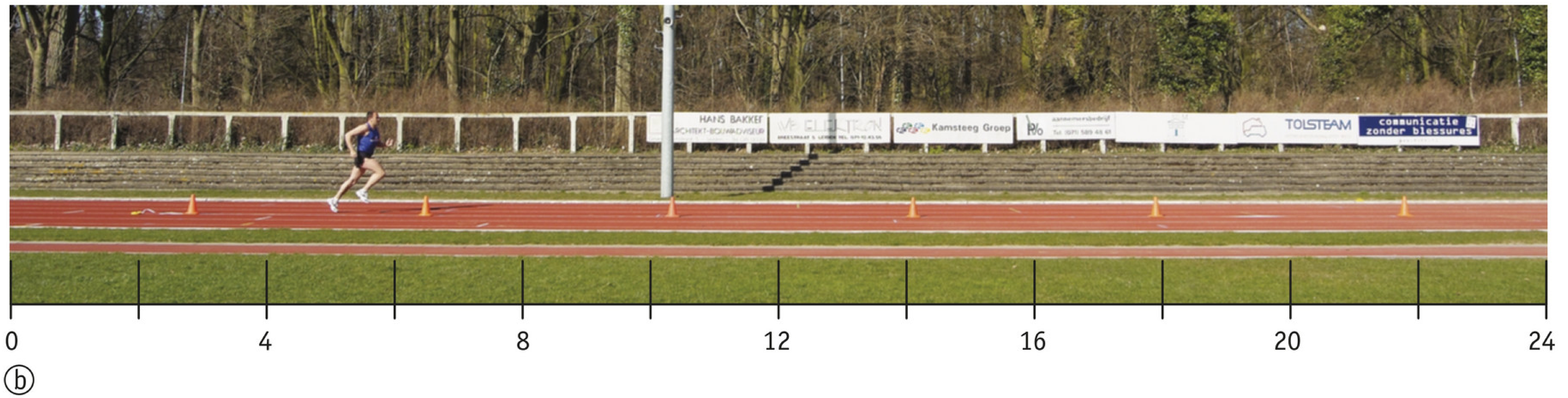
$$v = v_{gem} = \frac{s}{t}$$

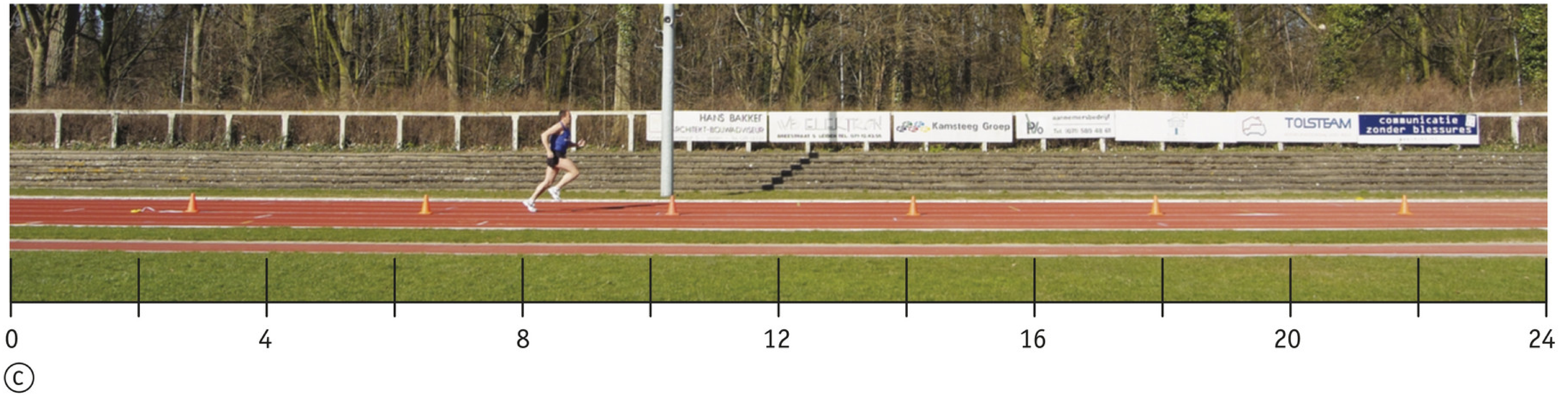
Voorbeeld
Bekijk de foto's in afbeelding 7. De tijd tussen twee opeenvolgende opnamen is 1,0 s.
Bereken hoe groot de snelheid van de hardloper is.

$s = 9{,}0 - 3{,}0 = 6{,}0$ m
$t = 2 \times 1{,}0 = 2{,}0$ s

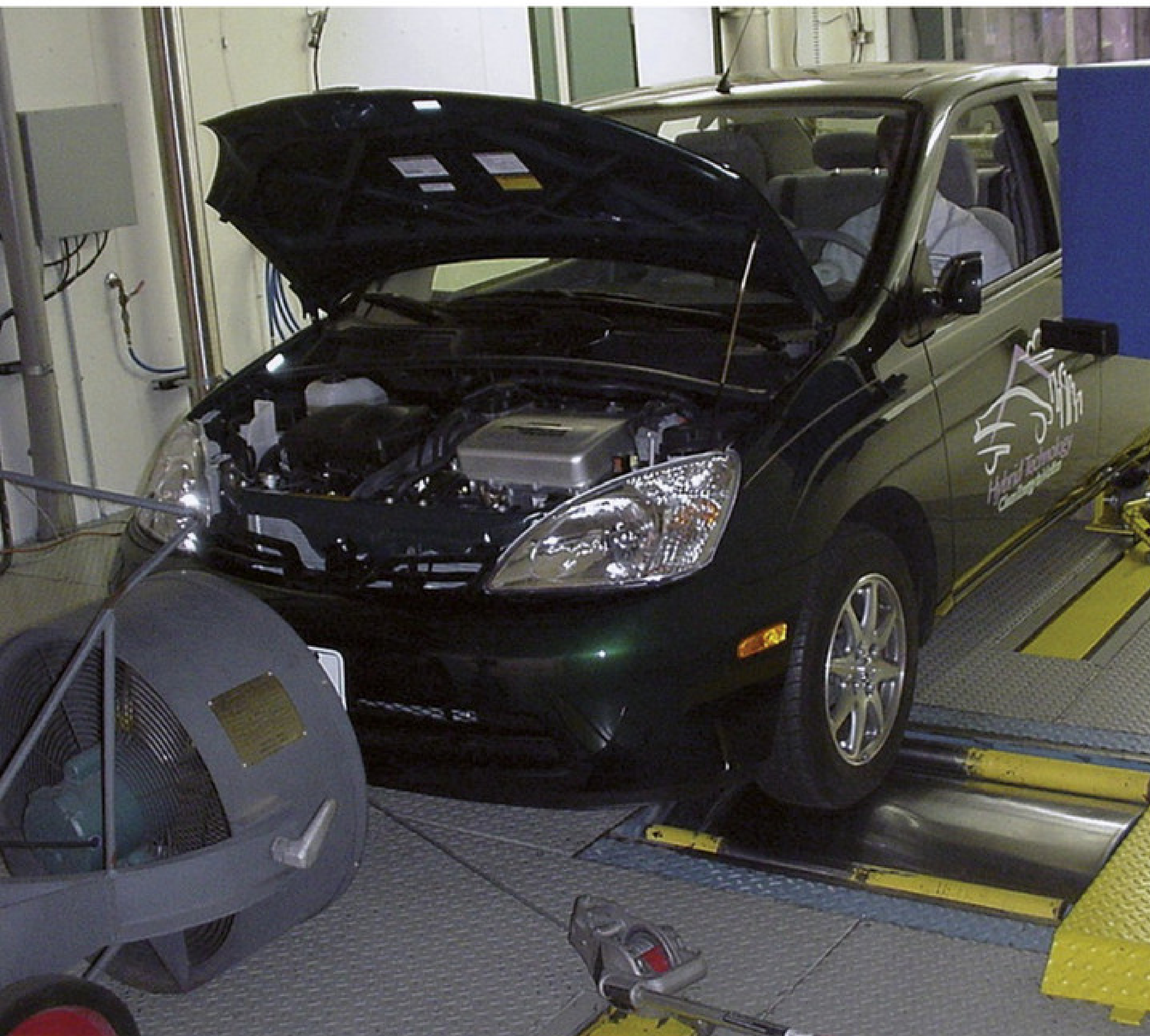
$$v = \frac{s}{t} = \frac{6{,}0 \text{ m}}{2{,}0 \text{ s}} = 3{,}0 \text{ m/s} = 10{,}8 \text{ km/h}$$







▲ **afbeelding 7**
drie foto's van een eenparige beweging



▲ **afbeelding 8**
Een auto wordt getest.

Versnelde bewegingen

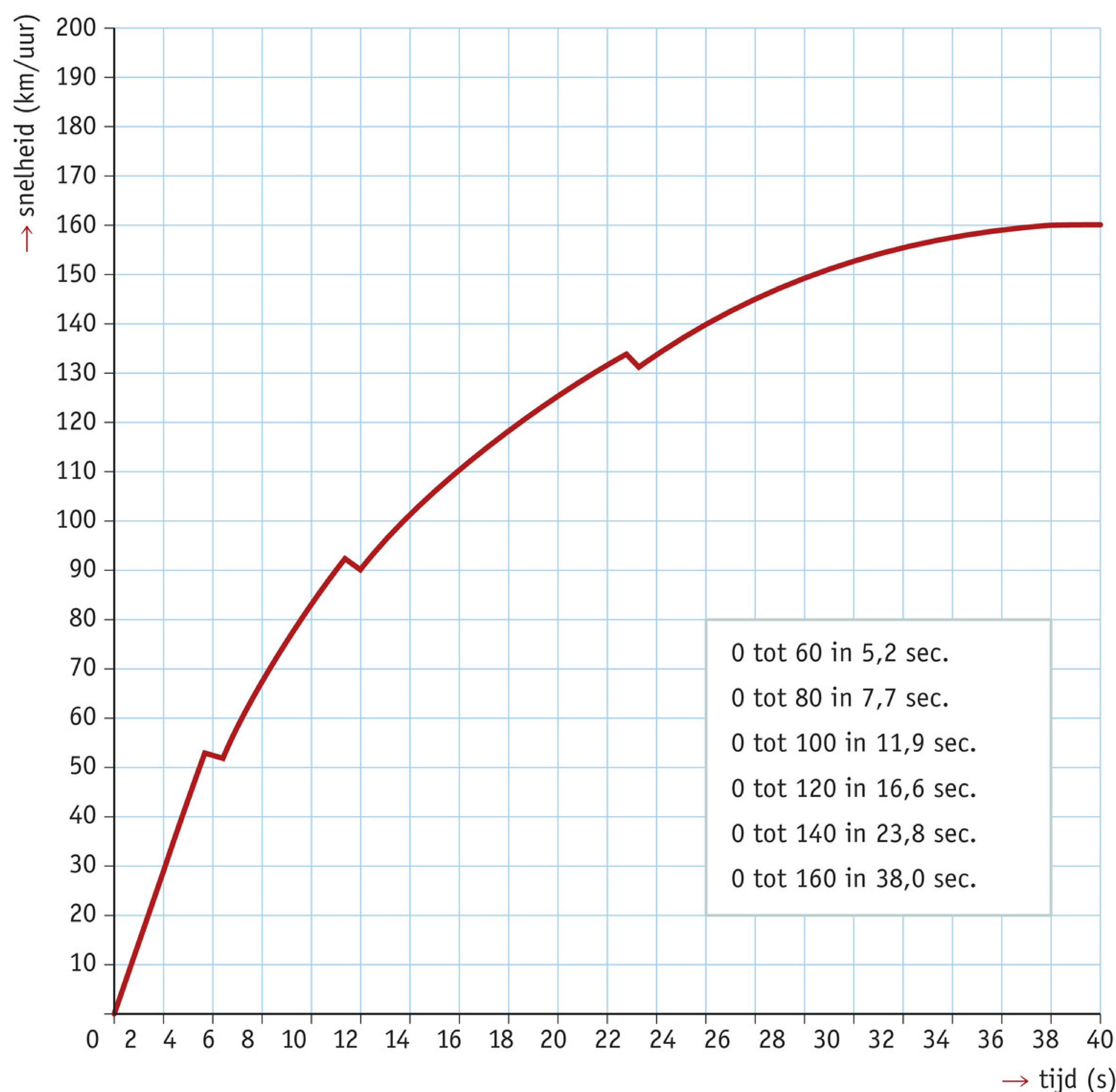
In afbeelding 8 zie je een auto die wordt getest op een rollerbank. In afbeelding 9a zie je een (*v*,*t*)-diagram uit het testrapport van de auto. De auto trekt tijdens de test op van 0 km/h naar 160 km/h. Als de auto een snelheid van 160 km/h heeft bereikt, neemt de snelheid niet verder toe. De beweging is dan eenparig geworden.

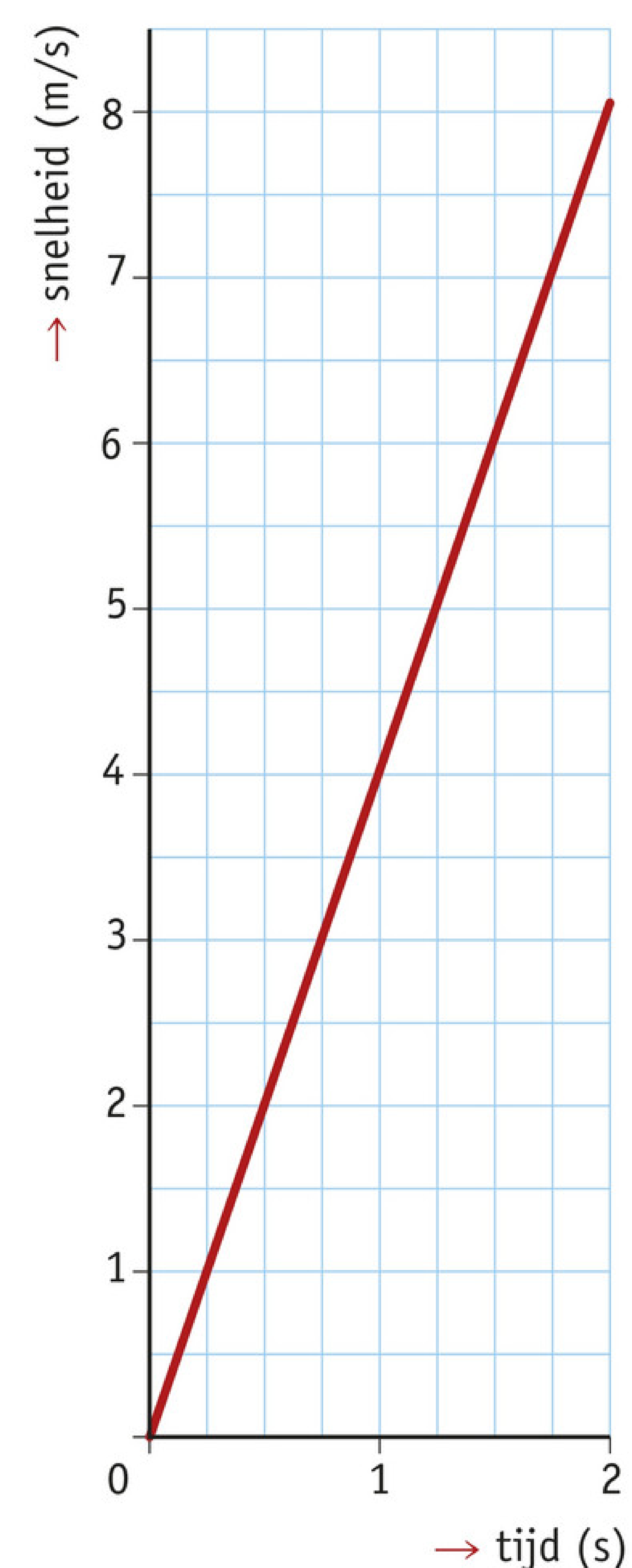
In afbeelding 9b is alleen het begin van de beweging weergegeven. Je ziet dat de snelheid in de eerste twee seconden gelijkmatig toeneemt. Na één seconde is de snelheid 4 m/s, na twee seconden 8 m/s. Er komt dus elke seconde 4 m/s bij. Zo'n beweging waarvan de snelheid gelijkmatig groter wordt, heet een **eenparig versnelde** beweging.

De snelheidsverandering per seconde noem je de **versnelling**. Bij de beweging in afbeelding 9b is de versnelling 4 m/s per seconde. Dit schrijf je als vier meter per seconde kwadraat (4 m/s^2). In formules wordt voor de versnelling de letter *a* gebruikt (van acceleratie). $a = 4\ m/s^2$ betekent dat de snelheid elke seconde toeneemt met 4 m/s.

Bij veel versnelde bewegingen is de versnelling niet steeds even groot. De beweging is wel versneld, maar niet eenparig versneld. Dat geldt ook voor de beweging in afbeelding 9a: de snelheid blijft niet steeds toenemen met 4 m/s^2. Na de eerste twee seconden wordt de versnelling steeds kleiner, tot de auto zijn topsnelheid heeft bereikt.

▼ **afbeelding 9**
Zo versnelt de testauto bij het wegrijden.





Alleen voor GT

De versnelling berekenen

Tijdens een eenparig versnelde beweging neemt de snelheid gelijkmatig toe van de beginsnelheid (v_b) tot de eindsnelheid (v_e). Je kunt de snelheidsverandering berekenen door de beginsnelheid af te trekken van de eindsnelheid: $\Delta v = v_e - v_b$. Het symbool Δ (spreek uit: 'delta') betekent verandering. Δv staat dus voor de snelheidsverandering.

Om de versnelling te berekenen deel je de snelheidsverandering door de tijd. Zo vind je de snelheidsverandering per seconde:

$$a = \frac{v_e - v_b}{t} \quad \text{of nog korter: } a = \frac{\Delta v}{t}$$

Voorbeeld

Een auto wil een andere auto passeren. De auto die inhaalt, versnelt eenparig gedurende 4,0 s. De snelheid neemt in die tijd toe van 54 km/h tot 90 km/h.
Bereken de versnelling.

De tijd is gegeven in seconden. Je rekent daarom de begin- en eindsnelheid eerst om naar m/s.
v_b = 54 km/h = 15 m/s
v_e = 90 km/h = 25 m/s

Δv = 25 − 15 = 10 m/s (De snelheid neemt toe met 10 m/s.)
t = 4,0 s (De auto doet daar 4 seconden over.)

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{10}{4} = 2{,}5 \text{ m/s}^2$$

De versnelling is dus: 10 : 4,0 = 2,5 m/s² (De snelheidsverandering is 2,5 m/s per seconde.)

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Versnellingen vergelijken

In autobladen en op internet vind je testrapporten van allerlei autotypes. In zo'n autotest kun je onder andere lezen hoe snel de geteste auto optrekt. Er staat dan in hoeveel seconden de auto optrekt van 0 naar 100 km/h. Met deze gegevens kun je zelf berekenen hoe groot de gemiddelde versnelling tijdens het optrekken is.



▲ **afbeelding 10**
Een Bugatti trekt veel sneller op dan een gewone personenauto.

Voorbeeld
Volgens een site met autotesten versnelt een Volkswagen Polo in 9,7 seconden van 0 naar 100 km/h.
Bereken de gemiddelde versnelling in die 9,7 seconden.

v_b = 0 km/h = 0 m/s
v_e = 100 km/h ≈ 27,8 m/s
t = 9,7 s

Δv = 27,8 – 0 = 27,8 m/s

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{27{,}8}{9{,}7} \approx 2{,}9 \text{ m/s}^2$$

Een sportieve auto met een zware motor, zoals een Porsche of een snelle BMW, heeft natuurlijk een grotere versnelling. Zie tabel 1.

▼ **tabel 1** de versnelling van auto's vergelijken

autotype	optrektijd van 0 naar 100 km/h (s)	gemiddelde versnelling (m/s^2)
Bugatti EB 16.4 Veyron	2,5	11,1
Porsche 911 Carrera	4,9	5,7
BMW 1	5,3	5,2
Jaguar V6 3.0 Executive	7,0	4,0
Mercedes-Benz C-Klasse	8,5	3,3
Seat Leon	9,3	3,0
Volkswagen Polo	9,7	2,9
Volkwagen Golf plus	10,2	2,7
Toyota Prius	10,7	2,6
Smart For Two	13,3	2,1

3 Eenparig versneld

Bij het skiën zijn er hellingen voor beginners en hellingen voor gevorderden. De helling voor gevorderden is steiler, waardoor je er een hogere snelheid op kunt bereiken.

De afgelegde afstand berekenen

Als een auto versneld beweegt, legt hij tijdens die beweging een bepaalde afstand af. Je kunt (zoals bij elke beweging) de afstand die een auto aflegt tijdens een versnelde beweging berekenen met:

$$s = v_{gem} \cdot t$$

Bij een eenparig versnelde beweging ligt de gemiddelde snelheid precies halverwege de beginsnelheid en de eindsnelheid. Als de beginsnelheid 3 m/s is en de eindsnelheid 9 m/s, is de gemiddelde snelheid dus 6 m/s.

Vaak kun je in één oogopslag zien hoe groot de gemiddelde snelheid is. Je hoeft geen berekening uit te voeren om te zien dat 6 precies tussen 3 en 9 in ligt. Als de getallen lastiger zijn, kun je de volgende formule gebruiken:

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$



▲ **afbeelding 11**
Einde bebouwde kom: je mag weer versnellen.

Voorbeeld
Een auto rijdt met 45 km/h een dorp uit. Na het bord dat het einde van de bebouwde kom aangeeft, versnelt de auto in vijf seconden van 45 km/h naar 81 km/h.
Bereken de afstand die de auto in die tijd aflegt.

v_b = 45 km/h = 12,5 m/s
v_e = 81 km/h = 22,5 m/s
t = 5 s

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2} = \frac{12{,}5 + 22{,}5}{2} = \frac{35}{2} = 17{,}5 \text{ m/s}$$

$$s = v_{gem} \cdot t = 17{,}5 \times 5 = 87{,}5 \text{ m}$$

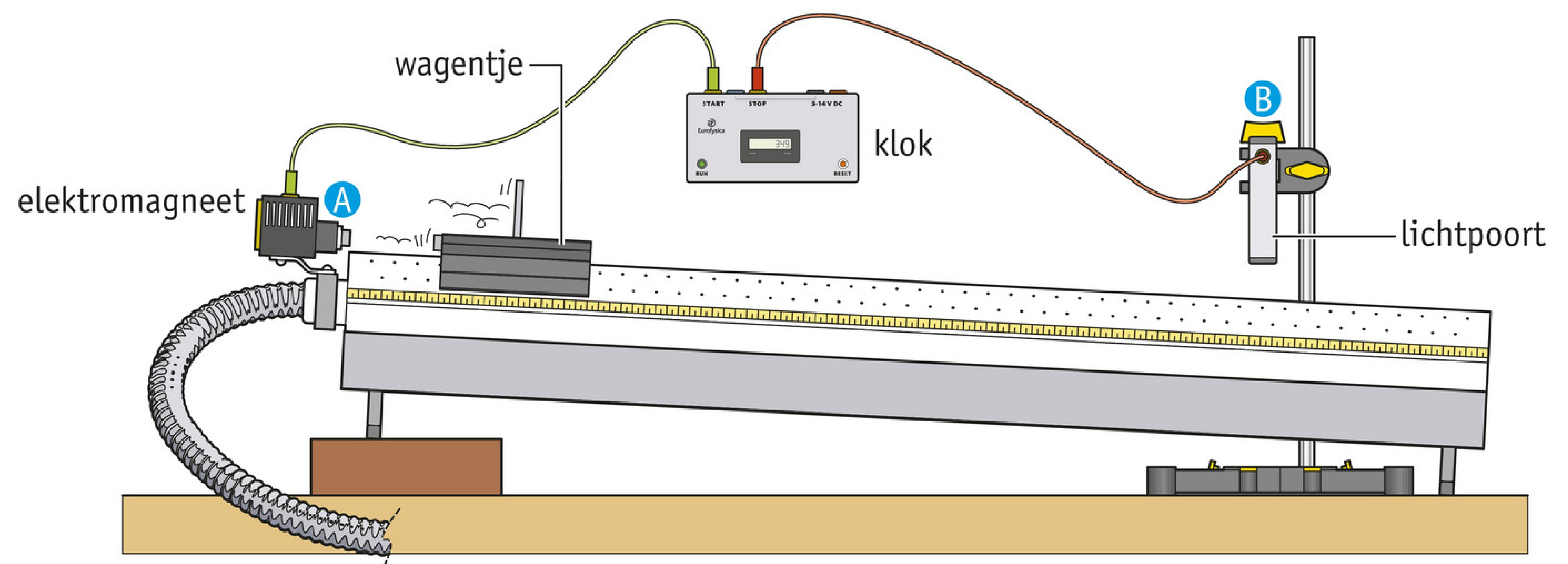
Let op
De berekening van de afgelegde afstand is bij een eenparig versnelde beweging anders dan bij een eenparige beweging:
- Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. Deze snelheid kun je rechtstreeks invullen in de formule $s = v_{gem} \cdot t$.
- Bij een eenparig versnelde beweging is de snelheid niet constant. Je moet vaak eerst de gemiddelde snelheid uitrekenen. Daarna kun je deze invullen in de formule $s = v_{gem} \cdot t$.

Een proef met een luchtkussenbaan Proef 2

Je kunt meer te weten komen over eenparig versnelde bewegingen door proeven te doen met een **luchtkussenbaan**. In afbeelding 12 is de opstelling voor zo'n proef getekend. Het wagentje zweeft vlak boven de baan op een laagje lucht. Daardoor is er bijna geen wrijvingskracht. De baan is een beetje schuin gezet, zodat het wagentje met een constante versnelling naar beneden beweegt.

Als het wagentje bij A wordt losgelaten, gaat de elektronische klok lopen. Bij B passeert het wagentje een lichtpoort. Door het signaal van de lichtpoort stopt de klok weer. Op deze manier kun je heel precies bepalen hoelang het wagentje over een bepaalde afstand doet.

Je kunt de lichtpoort van een luchtkussenbaan op verschillende plaatsen neerzetten. Zo kun je het verband onderzoeken tussen de afgelegde afstand s en de tijd t.



▲ **afbeelding 12**
een proef met een luchtkussenbaan

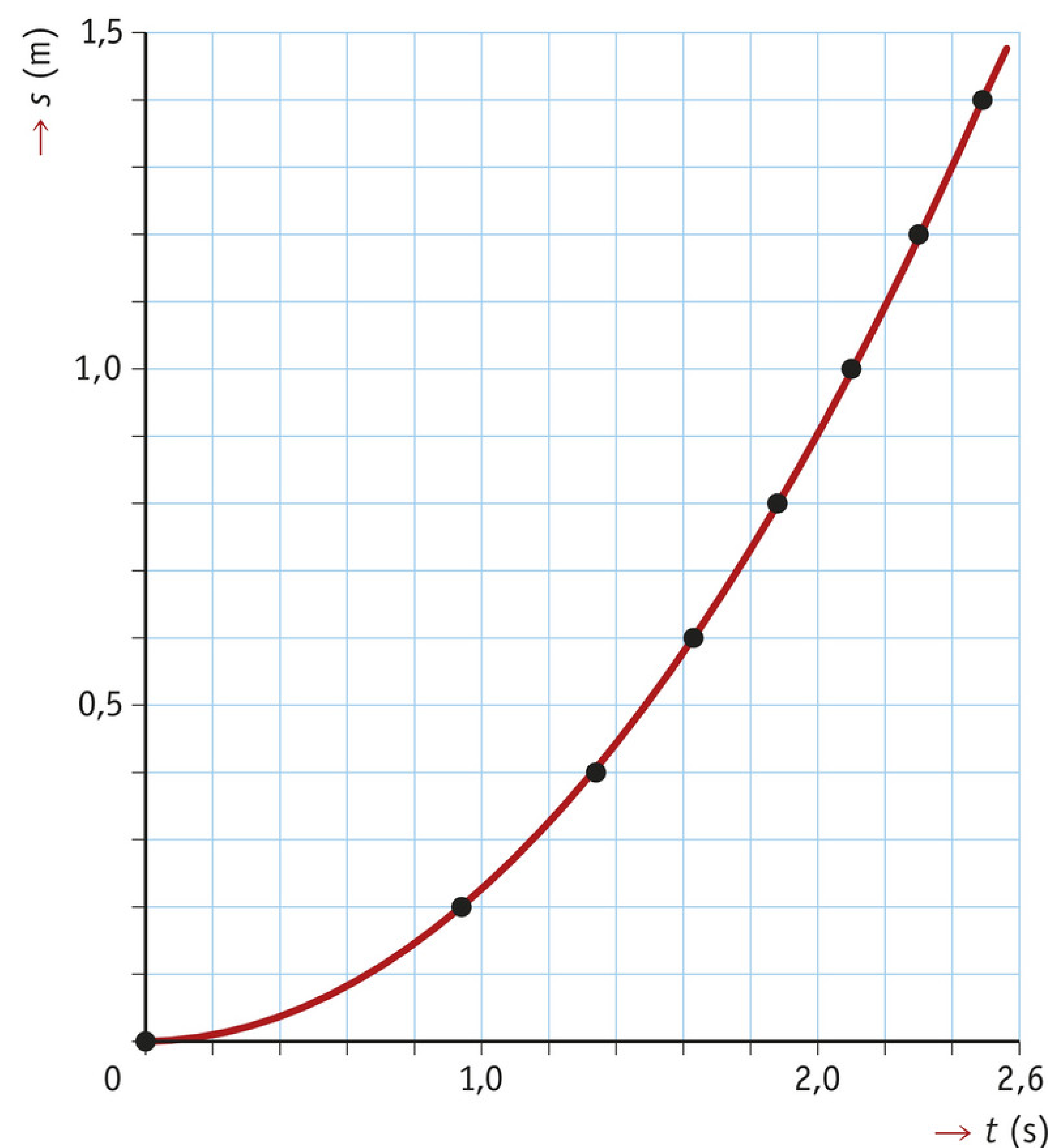
Het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging

In tabel 2 zijn de meetresultaten afgedrukt van zo'n proef. De lichtpoort is eerst op 20 cm van het startpunt neergezet en daarna op 40 cm, 60 cm, 80 cm, enzovoort. Elke keer is de tijd gemeten die voor het afleggen van deze afstand nodig was.

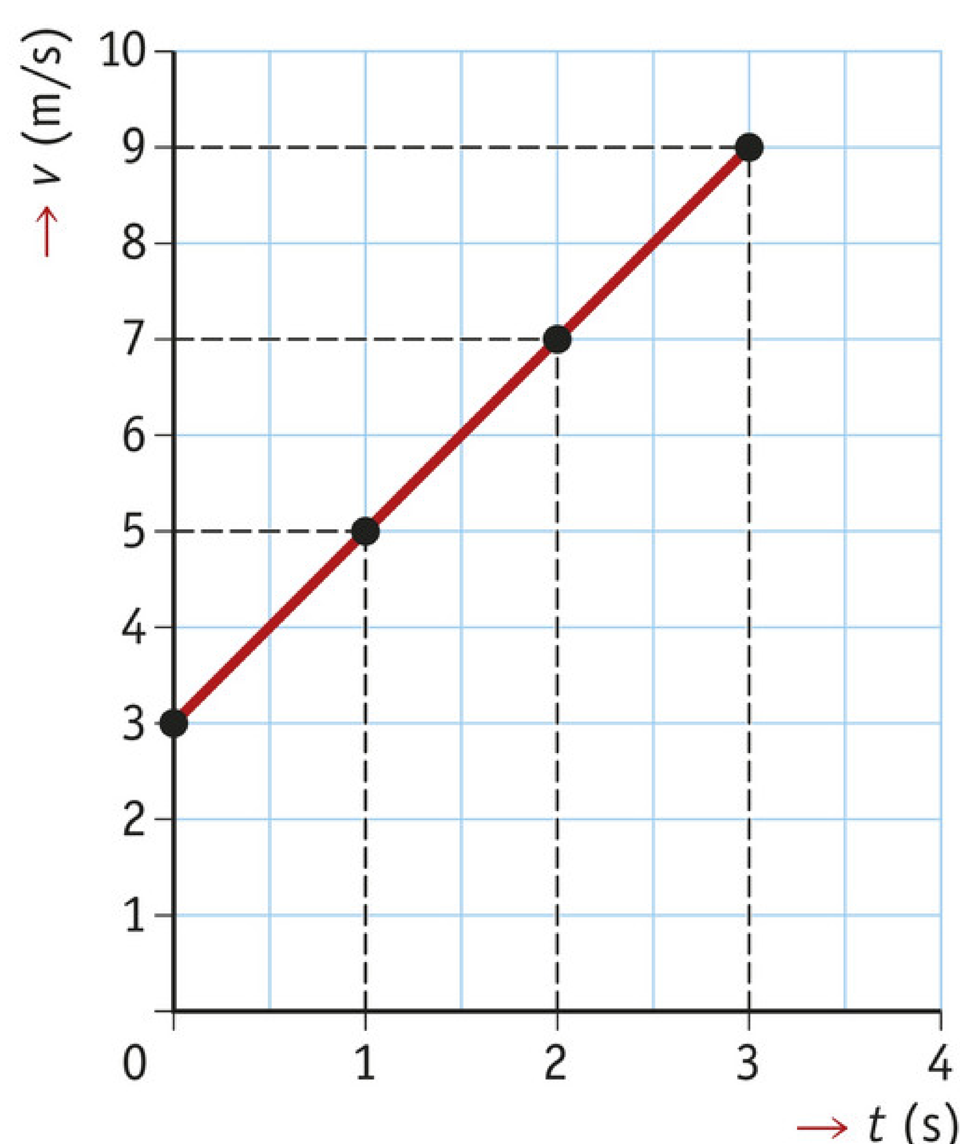
Met de gegevens van tabel 2 is het (s,t)-diagram in afbeelding 13 getekend. De grafiek is een kromme die steeds steiler omhoogloopt: doordat de snelheid steeds groter wordt, neemt de afstand steeds sneller toe. Zo'n grafiek noem je een (halve) dalparabool. Het (s,t)-diagram van een eenparig versnelde beweging heeft altijd deze vorm.

▼ **tabel 2** afstand bij een eenparig versnelde beweging

tijd (s)	afstand (m)
0	0
0,94	0,20
1,34	0,40
1,63	0,60
1,88	0,80
2,10	1,00
2,30	1,20



◀ **afbeelding 13** het (s,t)-diagram van een eenparig versnelde beweging



▲ **afbeelding 14** het (v,t)-diagram van een eenparig versnelde beweging

De snelheid van moment tot moment

In afbeelding 14 is het (v,t)-diagram van een eenparig versnelde beweging getekend. De snelheid neemt elke seconde toe met 2 m/s. De versnelling (a) is dus 2 m/s^2.

Als de beweging begint, is de snelheid (v_b) 3 m/s.
De snelheid na 1 seconde (v_1) is: 3 + 2 × 1 = 5 m/s
De snelheid na 2 seconden (v_2) is: 3 + 2 × 2 = 7 m/s
De snelheid na 3 seconden (v_3) is: 3 + 2 × 3 = 9 m/s

Alleen voor GT

De snelheid berekenen

Je kunt de snelheid na t seconden berekenen met de formule:

$$v_e = v_b + a \cdot t$$

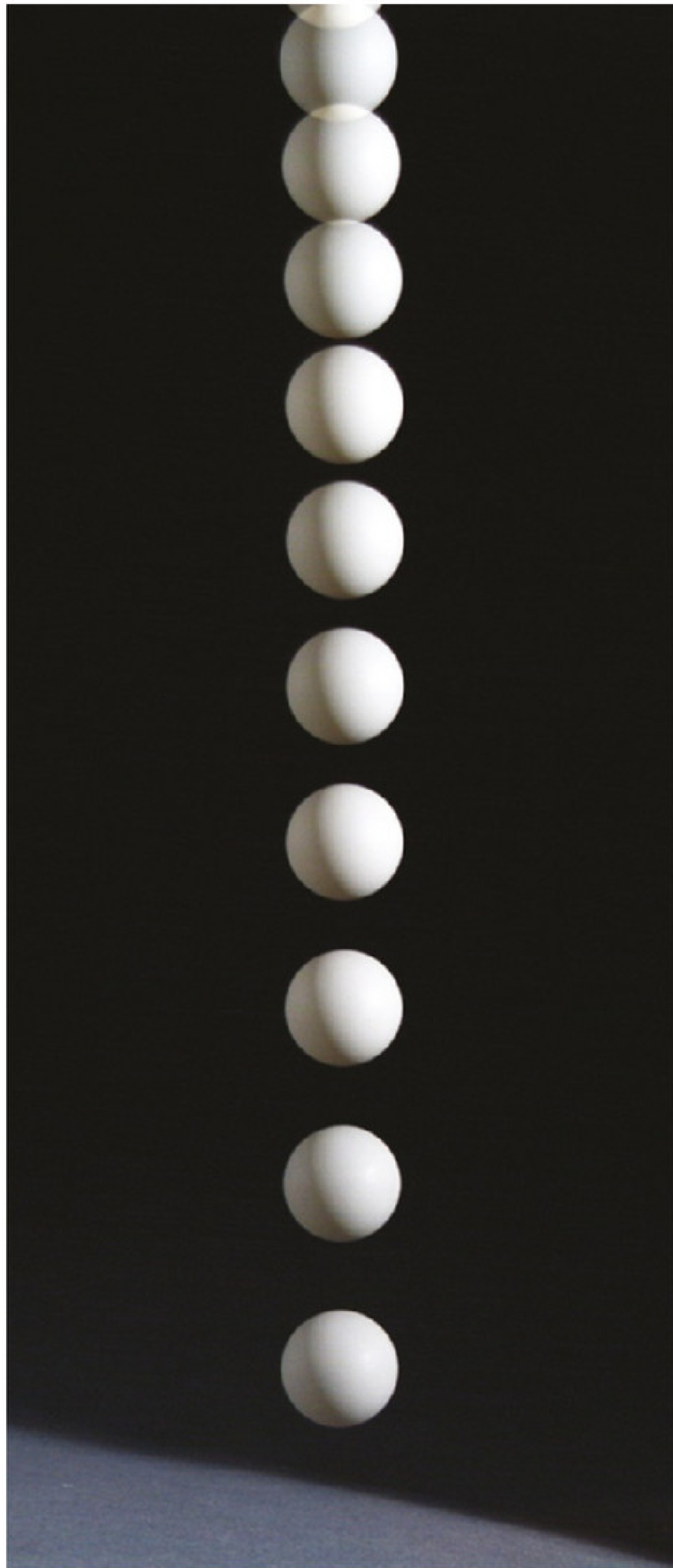
In deze formule is v_b de beginsnelheid van de beweging, a de versnelling en v_e de snelheid na t seconden. Dit lijkt een nieuwe formule, maar als je goed kijkt, zie je dat ve = $v_b + a \cdot t$ dezelfde formule is als:

$$a = \frac{v_e - v_b}{t}$$

Voorbeeld
Een auto rijdt met 54 km/h de oprit van de snelweg op. Vanaf het begin van de oprit beweegt de auto 8 s lang eenparig versneld met een versnelling van 1,5 m/s².
Bereken de eindsnelheid.

v_b = 54 km/h = 15 m/s
a = 1,5 m/s²
t = 8 s

$v_e = v_b + a \cdot t$
$= 15 + 1{,}5 \times 8$
$= 15 + 12 = 27$ m/s (≈ 97 km/h)



▲ **afbeelding 15**
De pingpongbal valt eenparig versneld naar beneden.

De valbeweging

In afbeelding 15 zie je een stroboscopische foto van een vallende pingpongbal. Je ziet dat de bal onder invloed van de zwaartekracht versneld naar beneden beweegt. Als je de luchtweerstand mag verwaarlozen (ten opzichte van de zwaartekracht), geldt de volgende regel:

De valbeweging is een eenparig versnelde beweging met een versnelling van 9,8 m/s².

Het maakt niet uit hoe groot (of klein) de massa van een voorwerp is: als de luchtweerstand verwaarloosbaar klein is, is de **valversnelling** altijd 9,8 m/s². Voor deze valversnelling wordt de letter g gebruikt (en dus niet een a). In opgaven wordt g afgerond tot 10 m/s².

Je mag de luchtweerstand niet altijd verwaarlozen. Denk bijvoorbeeld aan een blad dat door de lucht naar beneden dwarrelt. Je ziet meteen dat zo'n blad niet een versnelling van 9,8 m/s² heeft. Ook een parachutist heeft gelukkig niet voortdurend een valversnelling van 9,8 m/s².

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Grote versnellingen

Een gewone personenauto heeft een versnelling van 2 à 3 m/s^2, als hij optrekt vanuit stilstand. In de sport kom je versnellingen tegen die veel groter zijn. Dat is bijvoorbeeld het geval bij een strafschop in een voetbalwedstrijd. Als een speler de bal wegschopt, laat zijn voet de bal heel even versneld bewegen. De versnelling kan daarbij wel 600 m/s^2 zijn!

Voorbeeld
Ton maakt een video-opname van John, als die op de tennisbaan zijn service oefent. John gooit de bal omhoog en raakt hem precies op het hoogste punt (als de bal stil in de lucht 'hangt'). De bal krijgt door de klap met het racket een snelheid van 200 km/h. Later bepaalt Ton de contacttijd tussen het racket en de bal met een videometing op 0,04 s. Bereken de (gemiddelde) versnelling van de tennisbal.

v_b = 0 km/h = 0 m/s
v_e = 200 km/h ≈ 55,6 m/s
t = 0,04 s

Δv = 55,6 – 0 = 55,6 m/s

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{55{,}6}{0{,}04} \approx 1390 \text{ m/s}^2$$

Bij sporten zoals tennis, baseball en hockey zijn zulke grote versnellingen heel gewoon.



◀ **afbeelding 16**
Bij een service in tennis is er even een heel grote versnelling.

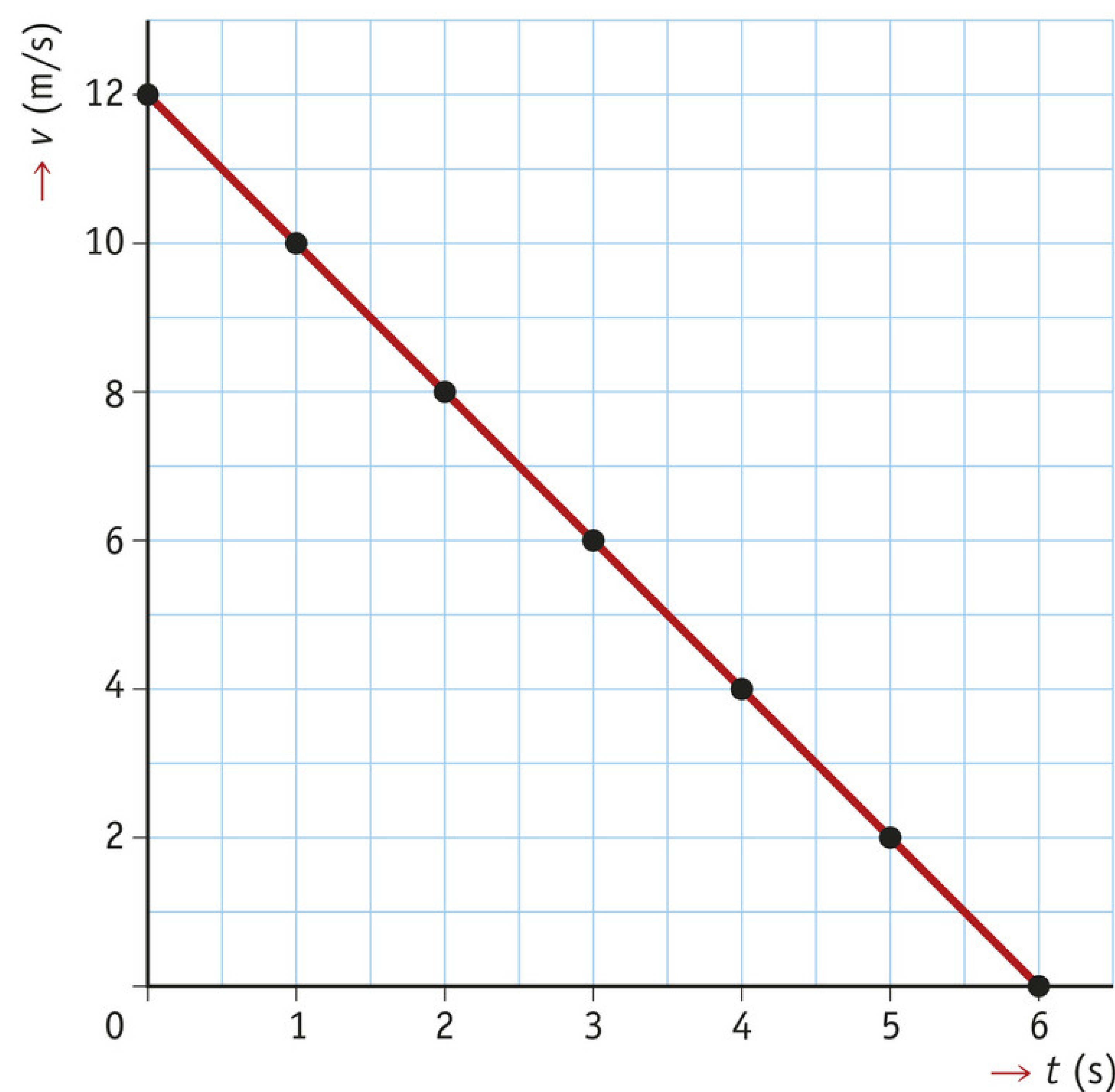
4 Eenparig vertraagd

Straaljagers maken soms bij de landing gebruik van een remparachute. Hierdoor neemt hun snelheid in korte tijd sterk af. Zonder remparachute zou de straaljager aan het eind van de baan nog niet stilstaan.

De eenparig vertraagde beweging

In afbeelding 17 is het (v,t)-diagram getekend van een auto die afremt voor een stoplicht. Je ziet dat de snelheid gelijkmatig afneemt tot de auto stilstaat: de beweging is **eenparig vertraagd**. Het (v,t)-diagram van zo'n beweging is een rechte lijn die schuin omlaag loopt.

Je kunt uit het (v,t)-diagram aflezen dat de beginsnelheid 12 m/s is. Na 1 s is de snelheid 10 m/s, na 2 s 8 m/s, na 3 s 6 m/s, enzovoort. De snelheid neemt dus elke seconde af met 2 m/s. De snelheidsafname per seconde noem je de **vertraging**. Je schrijft: de vertraging is 2 m/s^2 of a = 2 m/s^2.

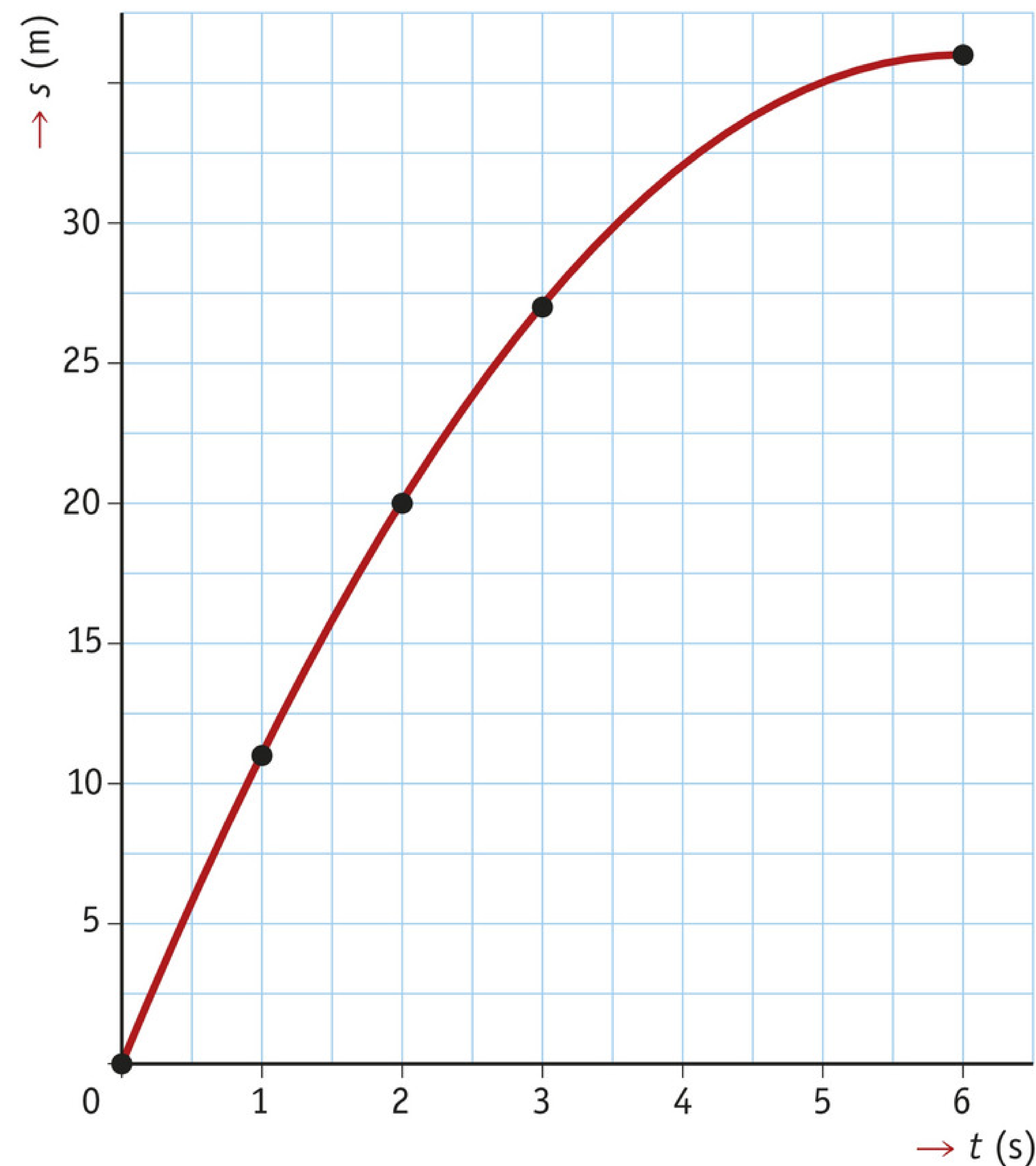


▶ **afbeelding 17**
het (v,t)-diagram van een eenparig vertraagde beweging

Zoals je ziet, gebruik je de letter a niet alleen voor versnellingen, maar ook voor vertragingen. Het enige verschil is dat je bij een versnelling een snelheidstoename hebt en bij een vertraging een snelheidsafname.

Hoe groter de vertraging, des te eerder staat het bewegende voorwerp stil. Daarom hebben veel straaljagers behalve gewone remmen ook een remparachute. Die parachute maakt de vertraging zo groot dat de straaljager ook op een korte landingsbaan kan landen.

In afbeelding 18 is het (s,t)-diagram van de eenparig vertraagde beweging van de auto getekend. De grafiek is een kromme die steeds minder steil omhoogloopt: de snelheid wordt steeds kleiner en daardoor gaat de afgelegde afstand steeds langzamer omhoog. Zo'n grafiek noem je een (halve) bergparabool. Deze vorm is kenmerkend voor de eenparig vertraagde beweging.



▶ **afbeelding 18**
het (s,t)-diagram van een eenparig vertraagde beweging

Alleen voor GT

Voorbeeld
Een auto remt af voor een bocht. De auto beweegt 6 s lang eenparig vertraagd. In die tijd neemt de snelheid af van 81 km/h naar 27 km/h. Bereken de vertraging.

v_b = 81 km/h = 22,5 m/s
v_e = 27 km/h = 7,5 m/s

Δv = 22,5 − 7,5 = 15 m/s

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{15}{6} = 2{,}5 \text{ m/s}^2$$

De vertraging is 2,5 m/s^2.

Snelheid en afstand

Met de formule:

$$v_e = v_b - a \cdot t$$

kun je de snelheid berekenen tijdens een eenparig vertraagde beweging. De snelheid van de auto in afbeelding 17 neemt bijvoorbeeld zo af:

$v_e = v_b - a \cdot t$
$v_1 = 12 - 2 \times 1 = 12 - 2 = 10$ m/s
$v_2 = 12 - 2 \times 2 = 12 - 4 = 8$ m/s
$v_3 = 12 - 2 \times 3 = 12 - 6 = 6$ m/s
enzovoort.
Je ziet dat de uitkomsten precies kloppen met het (v,t)-diagram.

De gemiddelde snelheid kun je, net als bij de versnelde beweging, berekenen met:

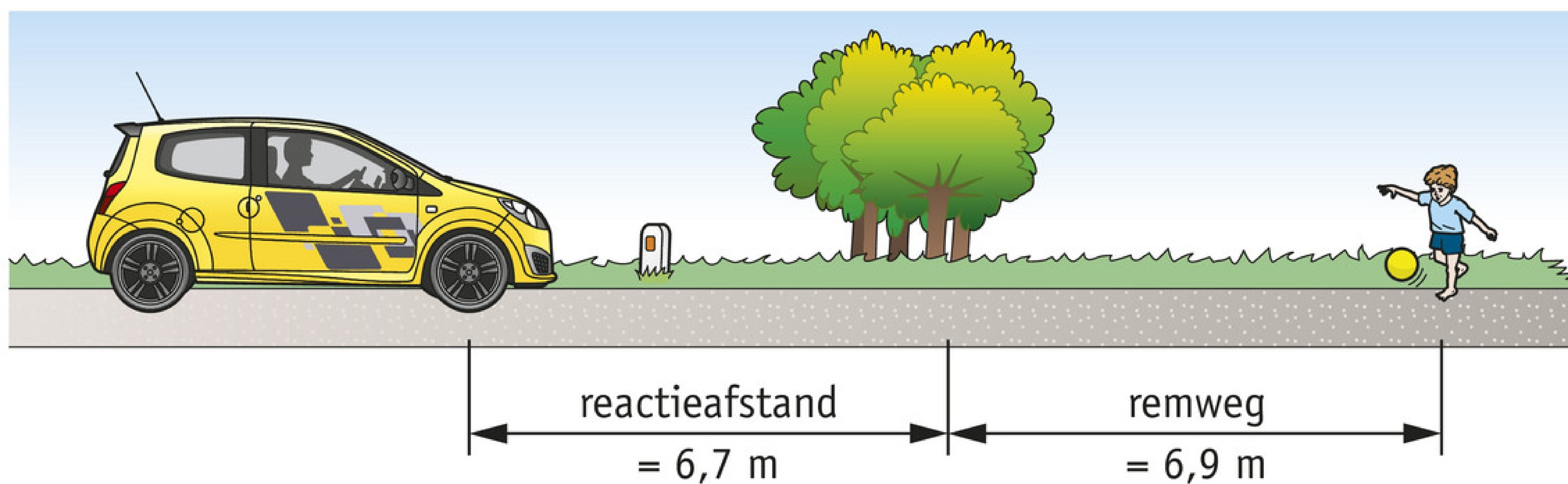
$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$

Daarna kun je de afgelegde afstand berekenen met $s = v_{gem} \cdot t$.

De stopafstand berekenen

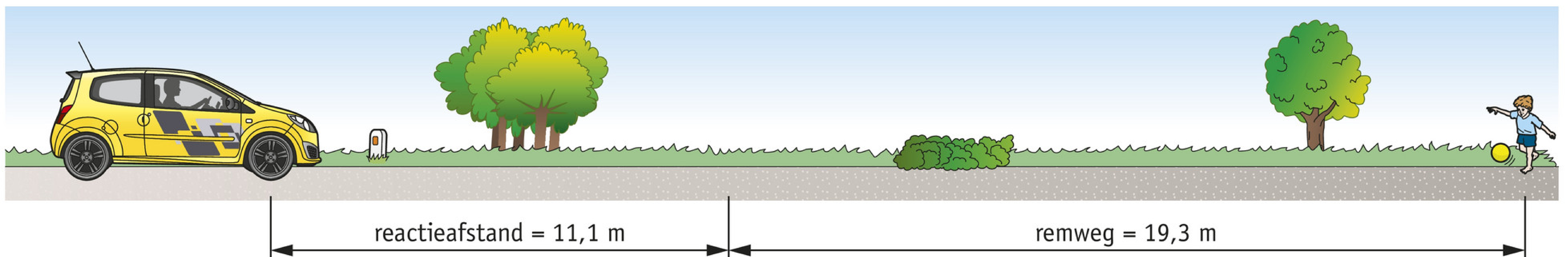
Als een automobilist ziet dat hij moet stoppen, remt de auto niet meteen. Het duurt even voor het rempedaal is ingetrapt en de auto begint te remmen. De tijd die daarvoor nodig is, noem je de **reactietijd**. Tijdens de reactietijd beweegt de auto met constante snelheid verder. De afstand die de auto tijdens deze eenparige beweging aflegt, is de **reactieafstand**.

▼ **afbeelding 19**
de stopafstand bij 0,8 s reactietijd en een remvertraging van 5 m/s²



Bij 30 km/h is de stopafstand 6,7 + 6,9 = 13,6 m

ⓐ



Bij 50 km/h is de stopafstand 11,1 + 19,3 = 30,4 m

ⓑ

Nadat de remmen zijn ingetrapt, beweegt de auto eenparig vertraagd verder tot hij stilstaat. De afstand die de auto aflegt tijdens deze eenparig vertraagde beweging, noem je de **remweg**. De totale stopafstand bestaat dus uit twee delen: de reactieafstand en de remweg.

stopafstand = reactieafstand + remweg

Hoe sneller iemand rijdt, des te groter zijn de reactieafstand en de remweg, en dus ook de stopafstand (afbeelding 19).



afbeelding 20
stoppen voor een zebrapad: eerst reageren, dan remmen

Voorbeeld

In figuur 20 zie je het (v,t)-diagram van een auto die met 54 km/h een zebrapad nadert. Op t = 0 s ziet de bestuurder iemand het zebrapad oplopen. Op t = 0,8 s begint hij te remmen en op t = 3,8 s komt hij tot stilstand.
Bereken de stopafstand.

1 De reactieafstand berekenen
v = 15 m/s
t = 0,8 s

$s = v \cdot t$
$= 15 \times 0{,}8$
$= 12$ m

2 De remweg berekenen
v_b = 15 m/s
v_e = 0 m/s
t = 3,0 s

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2} = \frac{15 + 0}{2} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m/s}$$

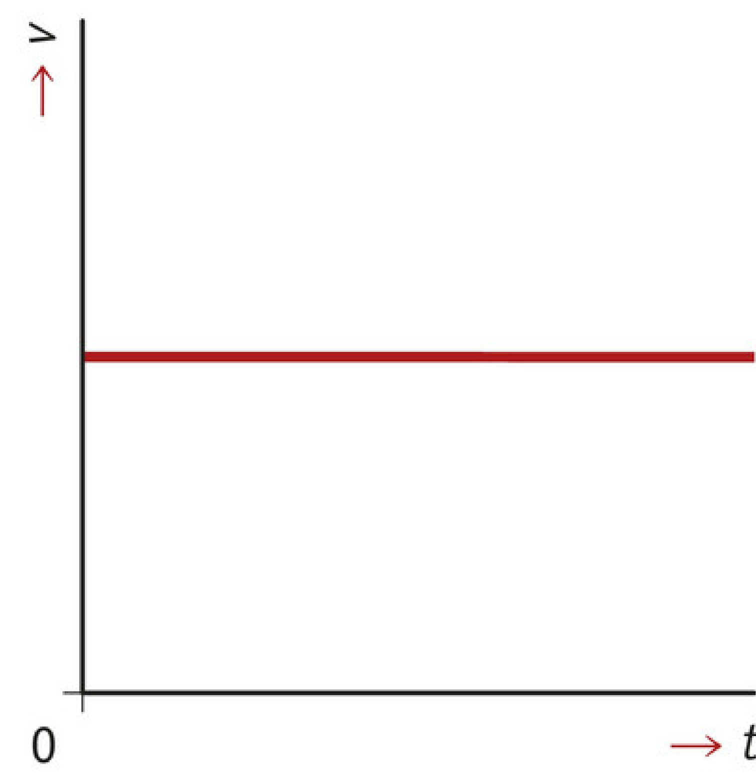
$s = v_{gem} \cdot t = 7{,}5 \times 3{,}0 = 22{,}5$ m

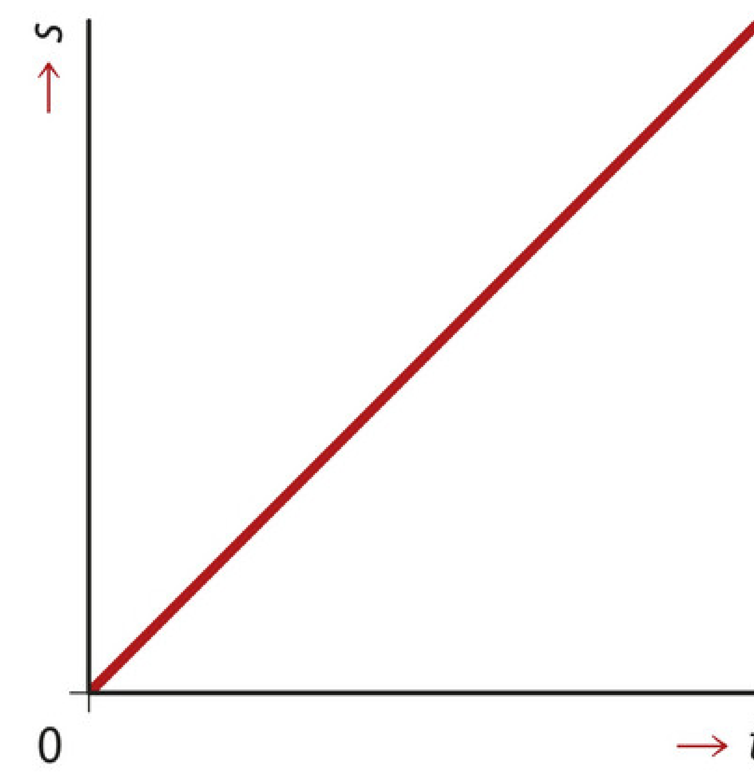
3 De stopafstand berekenen
stopafstand = reactieafstand + remweg
= 12 + 22,5
= 34,5 m

De auto komt na 34,5 m tot stilstand.

Alleen voor GT

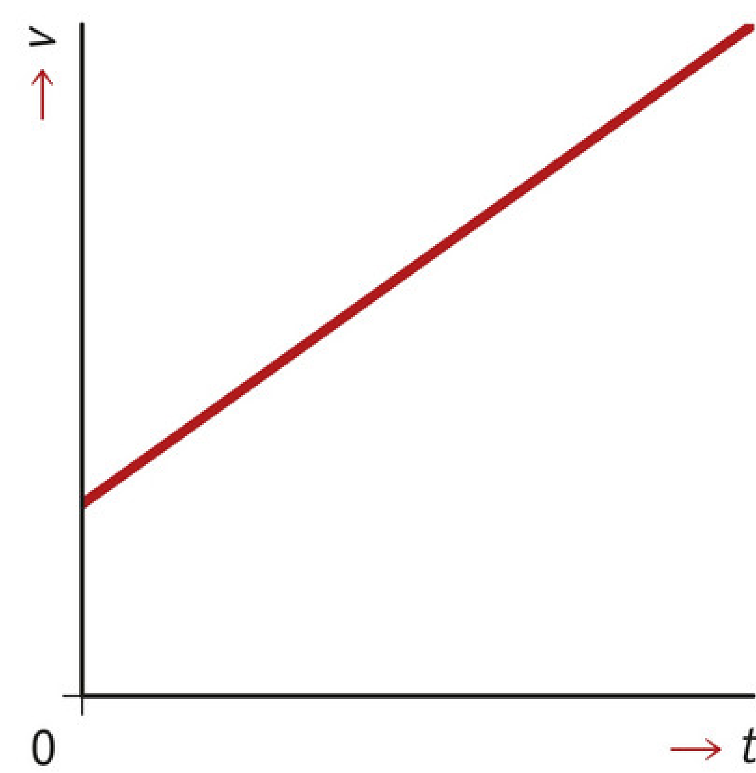
Bewegingen – overzicht van formules en diagrammen

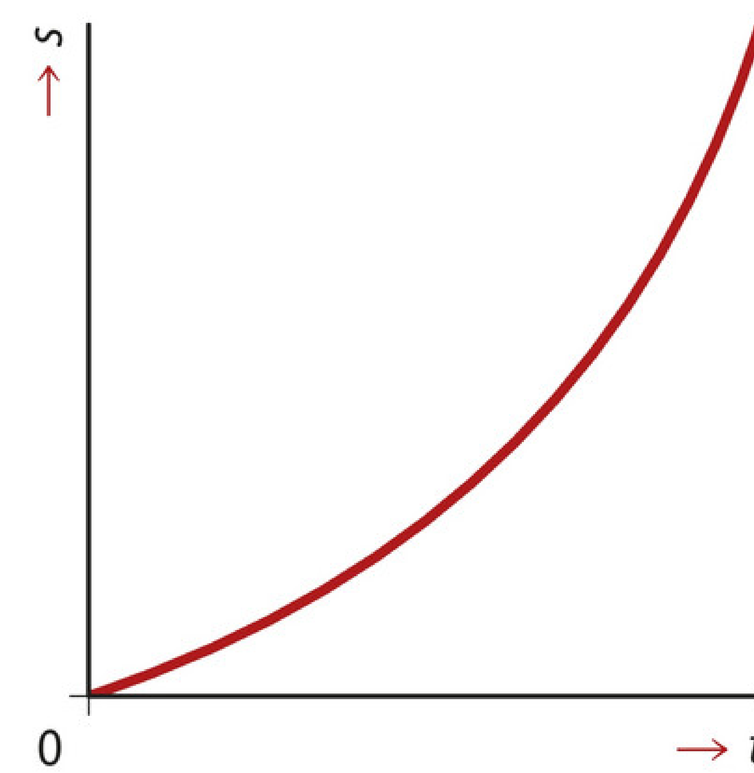




Eenparig

$a = 0 \text{ m/s}^2$
v is constant (verandert niet)
$s = v \cdot t$



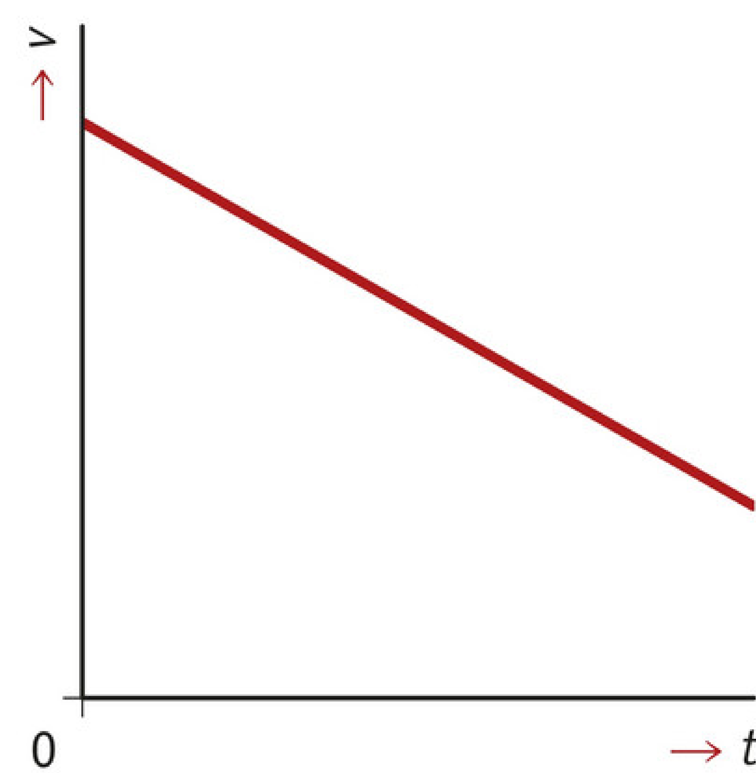


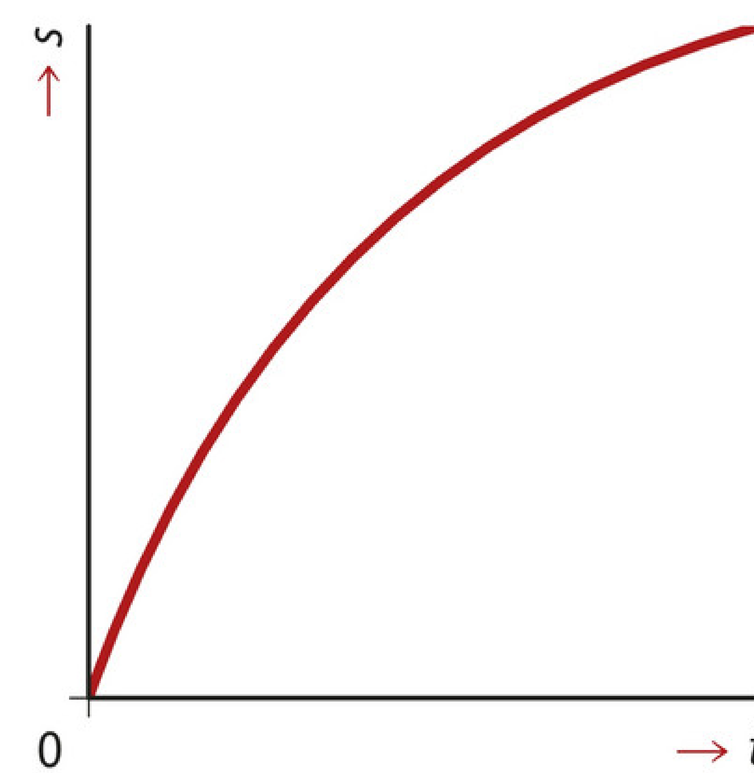
Eenparig versneld

$v_e = v_b + a \cdot t$

$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$

$s = v_{gem} \cdot t$





Eenparig vertraagd

$v_e = v_b - a \cdot t$

$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$

$s = v_{gem} \cdot t$

▲ **afbeelding 21**
(v,t)-diagrammen en (s,t)-diagrammen

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Remmen in de wet

Je mag in Nederland niet zomaar met elke auto de weg op. Elk autotype wordt eerst gekeurd om te zien of het wel aan de eisen voldoet. Ook voor andere voertuigen, zoals vrachtauto's, motoren en brommers, zijn zulke regels vastgesteld.

De eisen waaraan een voertuig moet voldoen, staan in het Voertuigreglement. In dit reglement kun je bijvoorbeeld vinden hoe groot en zwaar een personenauto mag zijn, welke verlichting de auto moet hebben en wat voor soort toon de claxon moet maken. Ook staat erin hoe groot de remvertraging op zijn minst moet zijn. Voor een personenvoertuig van na 2011 is dat 5,8 m/s^2.
Met deze remvertraging ligt meteen ook vast hoe lang de remweg bij verschillende snelheden mag zijn.



▶ **afbeelding 22**
Na een ongeluk meet de politie de remsporen op om de remweg te bepalen.



11

Kracht en beweging

In het verkeer

In onze samenleving is mobiliteit erg belangrijk. Het verkeer op de weg, op het spoor, in de lucht en op het water wordt steeds drukker. Natuurlijk mag de veiligheid daarbij niet in het gedrang komen.

1 Voortstuwen en tegenwerken



▲ afbeelding 1
Veldrijders moeten een behoorlijke krachtsinspanning leveren.

Als je tegen een helling omhoog fietst, werkt de zwaartekracht je beweging tegen. Als je omlaag rijdt, werkt de zwaartekracht mee. Daarom kost omhoog rijden meer moeite dan omlaag rijden.

Voortstuwende en tegenwerkende krachten

Als je tegen de wind in fietst, moet je flink trappen om vooruit te komen. Jouw spieren leveren de **voortstuwende kracht** die nodig is om de fiets te laten bewegen.

Als je stopt met trappen, verandert dat. Je fiets verliest dan meteen snelheid. Op jou en je fiets werken krachten die je beweging tegenwerken. Deze **tegenwerkende krachten** brengen je fiets in korte tijd tot stilstand.

Een van die tegenwerkende krachten is de **luchtwrijving**. Deze kracht ontstaat doordat je de lucht voor je steeds opzij moet duwen. De luchtwrijving is het grootst bij tegenwind, maar ze is er ook bij windstil weer. Alleen als je meewind hebt en de wind jou net kan bijhouden, valt de luchtwrijving weg.

Een andere tegenwerkende kracht is de **rolwrijving**. De rolwrijving ontstaat doordat de banden en de ondergrond vervormen tijdens het rijden. Hoe groter die vervorming is, des te groter is de rolwrijving. Daarom is het zo zwaar om door mul zand te rijden: dat is een ondergrond die sterk vervormt.

De grootte van tegenwerkende krachten

Hoe groot de luchtwrijving is, hangt af van de afmetingen en vorm van het bewegende voorwerp. Auto's en vliegtuigen hebben een gestroomlijnde vorm, want dat vermindert de luchtwrijving. Om dezelfde reden zitten wielrenners voorovergebogen op hun fiets. Ze hoeven dan minder lucht opzij te duwen.

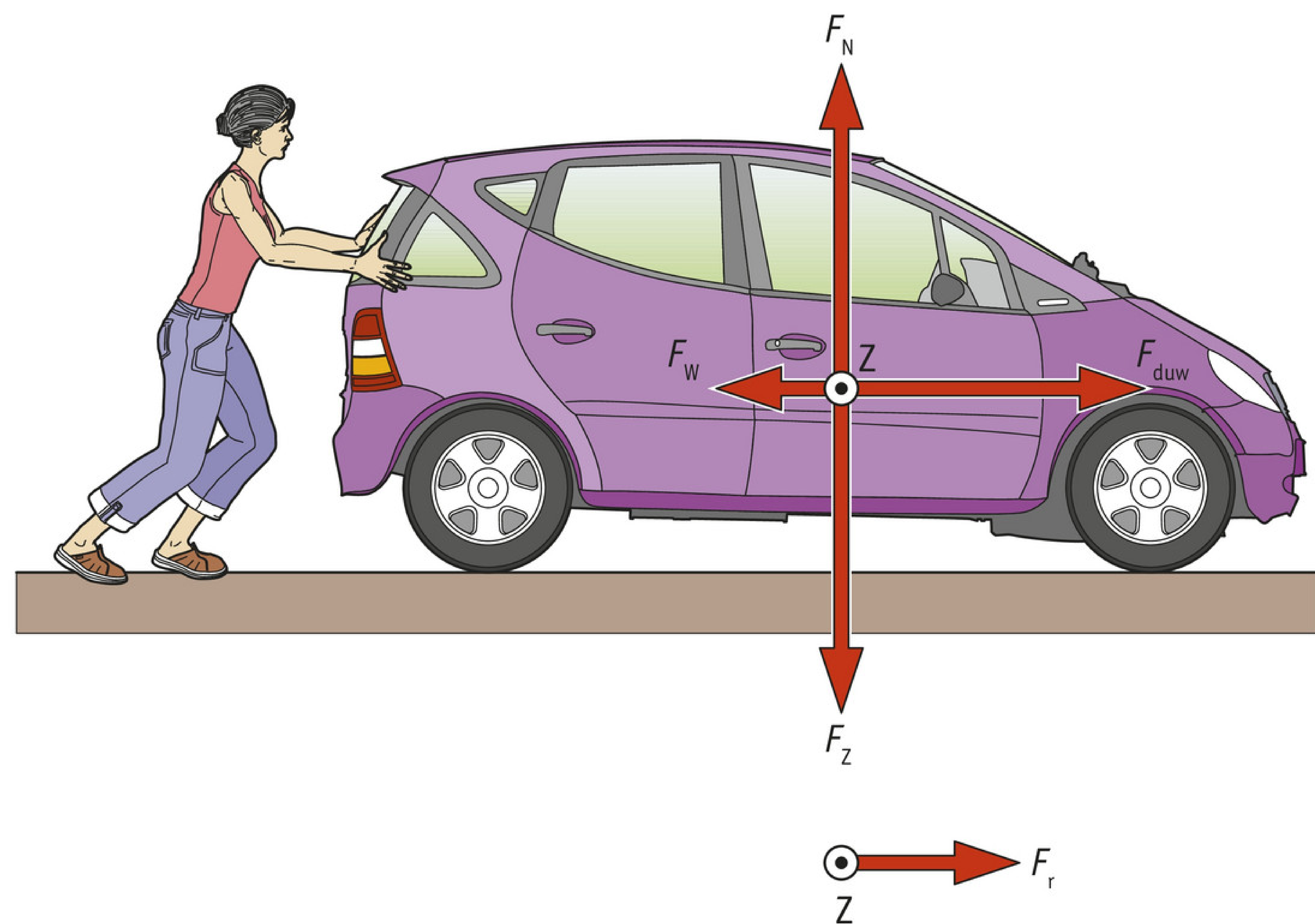
Ook de grootte van de rolwrijving kan verschillen. Als je over een hobbelig oppervlak fietst, is de rolwrijving groot. Je banden vervormen elke keer dat ze tegen een hobbel botsen. Wegen en fietspaden hebben daarom een vlak wegdek. Wielrenners verminderen de rolwrijving door hun banden keihard op te pompen, zodat die moeilijk kunnen vervormen.

Tegenwerkende krachten ontstaan ook in je fiets, waar onderdelen langs elkaar wrijven. Denk bijvoorbeeld aan de schakels van een fietsketting, die steeds langs elkaar scharnieren. Je kunt de **wrijvingskrachten** klein houden door je ketting af en toe te smeren.

De nettokracht

Op een bewegend voorwerp, zoals een auto of een fiets, werken dus verschillende krachten. Samen oefenen die krachten één resulterende kracht op het voorwerp uit: de **nettokracht** of **resultante**. In hoofdstuk 1 van dit boek heb je geleerd hoe je de nettokracht in verschillende situaties kunt bepalen.

In afbeelding 2 zie je een auto die wordt geduwd. Op de auto werken vier krachten: de zwaartekracht F_z, de normaalkracht F_n, de duwkracht F_{duw} en de wrijvingskracht F_w. Om de tekening eenvoudig te houden, heeft de tekenaar alle krachten laten aangrijpen in het massamiddelpunt Z.



▶ afbeelding 2
vier krachten op een auto en hun resultante

De zwaartekracht en de normaalkracht zijn even groot, maar werken in tegengestelde richtingen. Deze twee krachten heffen elkaar dus op. De duwkracht en de wrijvingskracht werken ook in tegengestelde richtingen, maar ze heffen elkaar niet op: de duwkracht is duidelijk groter. Dat betekent dat er een nettokracht F_r werkt naar rechts.

De nettokracht laat de snelheid veranderen

Als je zachtjes tegen een auto duwt, gebeurt er niets. Dat komt doordat er dan tegenwerkende krachten ontstaan die even groot zijn als de duwkracht. De nettokracht blijft daardoor 0 N. Als je iets harder duwt, worden de tegenwerkende krachten ook iets groter. De nettokracht blijft 0 N.

Pas als je flink kracht zet, verandert dat. Op een gegeven moment kunnen de tegenwerkende krachten jouw duwkracht niet meer compenseren. De nettokracht wordt dan voor het eerst groter dan 0 N. De auto begint daardoor te rollen en beweegt steeds sneller, in de richting van de nettokracht.
Onthoud:

Als de voortstuwende kracht groter is dan alle tegenwerkende krachten samen, beweegt het voorwerp versneld.
De nettokracht werkt dan in de bewegingsrichting.

Als de auto de gewenste snelheid heeft, duw je iets minder hard. De voortstuwende kracht en de tegenwerkende krachten zijn nu weer even groot. De nettokracht wordt opnieuw 0 N. In deze situatie is er geen kracht die de beweging versnelt, maar ook geen kracht die de beweging afremt. Dat betekent dat het voorwerp met precies dezelfde snelheid verder beweegt:

Als de voortstuwende kracht even groot is als alle tegenwerkende krachten samen, verandert de snelheid niet.
De nettokracht is dan 0 N.

Als de nettokracht 0 N is en het voorwerp beweegt al, dan beweegt het met dezelfde snelheid verder. Maar als de nettokracht 0 N is en het voorwerp staat stil, dan blijft dat zo. Het voorwerp komt dan niet in beweging.

Als je na een tijdje ophoudt met duwen, blijven alleen de tegenwerkende krachten over. De nettokracht wordt dan opnieuw groter dan 0 N. De nettokracht werkt tegen de bewegingsrichting in. Dat zorgt ervoor dat de auto vertraagt en tot stilstand komt.

Als de voortstuwende kracht kleiner is dan alle tegenwerkende krachten samen, beweegt het voorwerp vertraagd.
De nettokracht werkt tegen de bewegingsrichting in.

▼ afbeelding 3
De richting van de nettokracht bepaalt hoe de auto beweegt.



De auto staat stil: de nettokracht = 0 N.
De auto versnelt: de nettokracht werkt in de bewegingsrichting.
Constante snelheid: de nettokracht = 0 N.
De auto vertraagt: de nettokracht werkt tegen de bewegingsrichting in.
De auto staat stil: de nettokracht = 0 N.

De nettokracht laat de richting veranderen

De nettokracht kan een bewegend voorwerp niet alleen laten versnellen of vertragen. De nettokracht kan het voorwerp ook van richting laten veranderen. Denk aan een situatie waarin er opeens een harde windstoot komt van opzij.

Als de nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting staat, verandert alleen de richting van de beweging; de snelheid van het voorwerp blijft dan even groot. Als de nettokracht een andere hoek met de bewegingsrichting maakt, verandert zowel de snelheid als de bewegingsrichting.

Voorbeeld

In afbeelding 4 zijn drie situaties afgebeeld. Bedenk nu zelf hoe het voorwerp in elke situatie zal bewegen.

De raket in afbeelding 4a beweegt versneld. Dat komt doordat de voortstuwende kracht groter is dan alle tegenwerkende krachten samen. De nettokracht werkt in dezelfde richting als de beweging.

Het vliegtuig in afbeelding 4b beweegt vertraagd. Dat komt doordat de voortstuwende kracht kleiner is dan alle tegenwerkende krachten samen. De nettokracht werkt tegen de bewegingsrichting in.

In afbeelding 4c verandert de auto van richting, doordat er opeens een hevige windstoot van rechts komt. De richting van de nettokracht verandert, waardoor de auto naar de linkerkant van de weg wordt afgebogen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



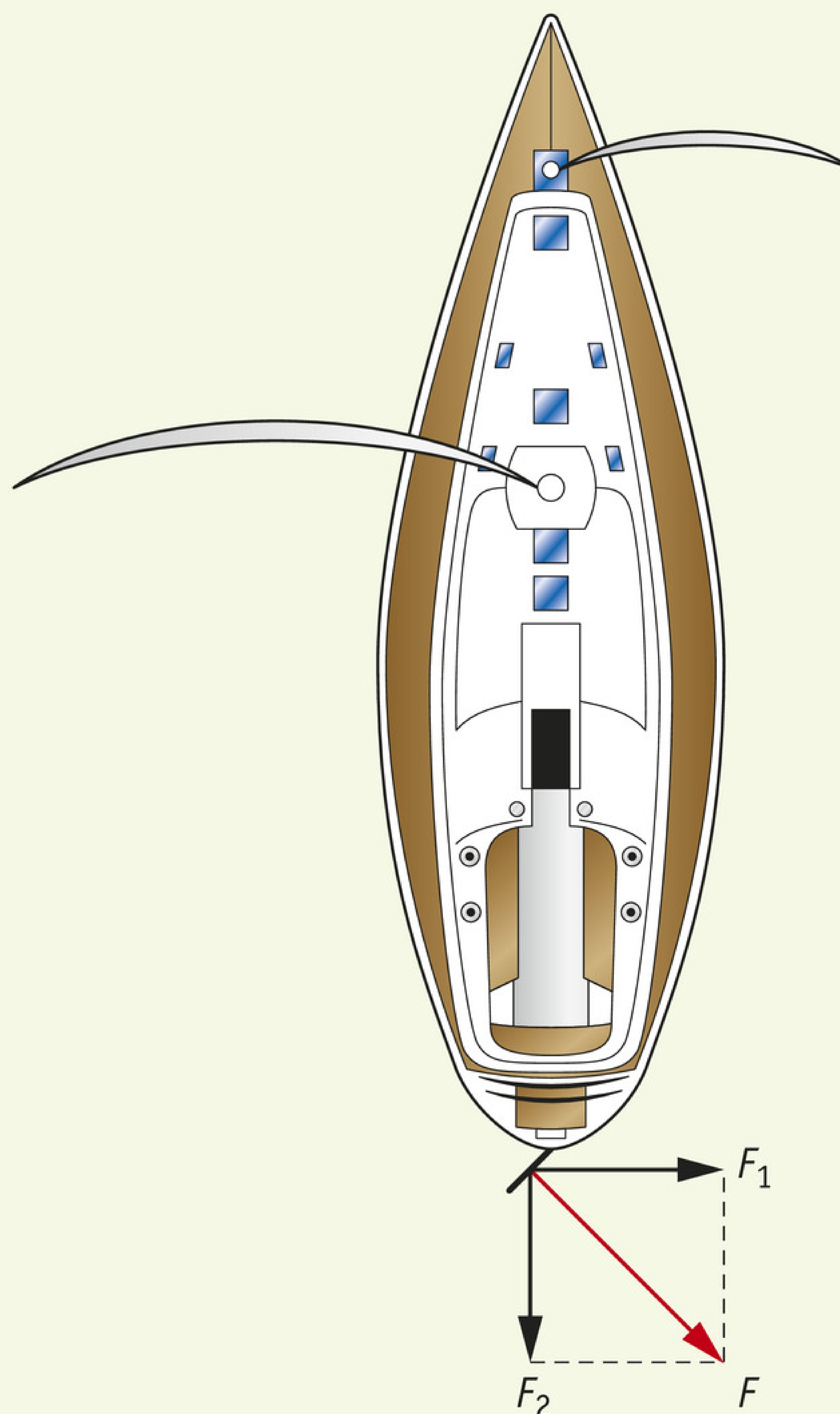
▲ **afbeelding 4**
De nettokracht bepaalt hoe het voorwerp beweegt.

Plus Zeilen

Een zeilboot wordt voortgestuwd door de kracht die de wind uitoefent op de zeilen. De beweging wordt tegengewerkt door de waterweerstand: de afremmende kracht die het water op de romp van de zeilboot uitoefent.

Als de voortstuwende kracht en de waterweerstand even groot zijn, vaart de zeilboot met een constante snelheid. Als de voortstuwende kracht groter is dan de waterweerstand, beweegt de zeilboot versneld. Als de voortstuwende kracht kleiner is dan de waterweerstand, beweegt de zeilboot vertraagd.

Met het roer kun je de richting veranderen waarin de zeilboot beweegt. Als het roer uitslaat, oefent het water een kracht F uit die loodrecht op het roerblad staat. Je kunt de kracht F ontbinden in twee componenten, F_1 en F_2 (afbeelding 5). F_1 laat de zeilboot van richting veranderen, terwijl F_2 de zeilboot afremt.



▶ afbeelding 5
De kracht op het roer kun je ontbinden in F_1 en F_2.

2 Optrekken en afremmen

Als een tram of bus plotseling remt, wordt je lichaam niet afgeremd. Het kost je dan de nodige moeite om rechtop te blijven staan. Door jezelf vast te houden voorkom je dat je ergens tegenaan botst.

Rijden in een vrachtauto

Als een vrachtauto zwaar beladen is, komt hij maar langzaam op gang. Hoe groter de massa van de lading, des te kleiner is de versnelling (als de chauffeur het gaspedaal steeds even ver intrapt).

Ook het afremmen duurt langer als een vrachtauto zwaar beladen is. Hoe groter de massa van de lading, des te kleiner is de remvertraging (als de chauffeur steeds even hard remt).

De chauffeur van een zwaar beladen vrachtwagen moet ook voorzichtig zijn bij het nemen van bochten. Een volgeladen vrachtwagen vliegt gemakkelijker uit de bocht dan een lege.

Traagheid

Aan dit soort voorbeelden zie je dat de massa een rol speelt bij elke verandering van beweging. De massa heeft niet alleen invloed op de versnelling waarmee je een voorwerp in beweging kunt laten komen. De massa bepaalt ook hoe moeilijk het is om het voorwerp af te remmen of van richting te laten veranderen.

Je zegt daarom dat een voorwerp met een grote massa een grote **traagheid** heeft. Hoe meer massa een voorwerp heeft, des te moeilijker is het om de beweging van zo'n voorwerp te beïnvloeden. Er is een grote nettokracht voor nodig om de snelheid of de bewegingsrichting merkbaar te veranderen (afbeelding 6).



▶ **afbeelding 6**
Een volgeladen mammoettanker heeft een enorme traagheid.

Alleen voor GT

Kracht, massa en versnelling Proef 1

Je kunt het verband tussen de nettokracht, de massa en de versnelling samenvatten in de formule:

$F = m \cdot a$

Als je de massa m invult in kg en de versnelling a in m/s^2, dan vind je de nettokracht F in newton (N).

Voorbeeld
Een auto trekt in 4,0 seconden op van 0 km/h naar 54 km/h. De beweging is eenparig versneld. De auto heeft een massa van 800 kg. Bereken hoe groot de nettokracht is die de auto laat versnellen.

1 De versnelling berekenen
v_b = 0 m/s
v_e = 54 km/h = 15 m/s
t = 4,0 s
m = 800 kg

Δv = 15 − 0 = 15 m/s

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{15}{4{,}0} = 3{,}75 \approx 3{,}8 \text{ m/s}^2$$

2 De nettokracht berekenen
$F = m \cdot a$
F = 800 × 3,75
F = 3000 N = 3,0 kN

De nettokracht is dus 3,0 kN. De kracht die de motor levert, is groter. Er zijn ook tegenwerkende krachten die overwonnen moeten worden.



▲ **afbeelding 7**
Een motor kan veel sneller optrekken dan een auto.

De versnelling berekenen

Op de foto in afbeelding 7 zie je een auto en een motor die voor een verkeerslicht staan. De massa van de auto is 900 kg, die van de motor 300 kg (inclusief de bestuurders). Als het verkeerslicht op groen springt, trekken de auto en de motor beide op. Op beide voertuigen werkt daarbij een nettokracht van 1,8 kN.

De motor krijgt daardoor een versnelling:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1800}{300} = 6{,}0 \text{ m/s}^2$$

De auto krijgt daardoor een versnelling:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1800}{900} = 2{,}0 \text{ m/s}^2$$

Je ziet: de nettokracht is voor beide voertuigen even groot. Toch is de versnelling van de motor veel groter. Dat komt doordat de massa – en dus ook de traagheid – van de motor veel kleiner is dan die van de auto.

De remvertraging berekenen Proef 2

Als een wielrenner moet remmen, doet hij twee dingen: hij stopt met trappen en hij knijpt in de remhendels. De voortstuwende kracht valt dan weg. Tegelijk ontstaat er een grote wrijvingskracht, doordat de remblokjes tegen de velgen drukken. Er werken dan alleen nog maar tegenwerkende krachten op de fiets. Hun nettokracht is zo groot dat de fiets snel afremt.

Je kunt de formule $F = m \cdot a$ gebruiken om de remvertraging of de remkracht te berekenen. De letter a staat in dit geval voor de remvertraging (de snelheidsafname per seconde). De letter F staat voor de nettokracht: de totale remkracht die op het voertuig wordt uitgeoefend.



▲ **afbeelding 8**
De remmen van snelle auto's zijn vrij groot.

Voorbeeld
Een Porsche met een massa van 2000 kg heeft stevige remmen (afbeelding 8). De remmen moeten voldoende remkracht kunnen leveren voor een remvertraging van minstens 5,8 m/s^2.
Bereken hoe groot de remkracht op zijn minst moet zijn.

$m = 2000$ kg
$a = 5{,}8$ m/s^2

$F = m \cdot a$
$F = 2000 \times 5{,}8$
$F = 11\,600 \text{ N} \approx 12 \text{ kN}$

De totale remkracht moet dus op zijn minst 12 kN zijn.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Parachutespringen

Op een parachutist die uit een vliegtuig springt, werken twee krachten: de zwaartekracht en de luchtwrijving. De zwaartekracht is steeds even groot, maar de luchtwrijving is veranderlijk: hoe sneller de parachutist valt, des te groter wordt de luchtwrijving. De parachutist kan de luchtwrijving nog verder vergroten door armen en benen uit te spreiden.

In het begin beweegt de parachutist versneld. Maar doordat zijn snelheid steeds groter wordt, neemt de luchtwrijving snel toe. Al na enkele seconden wordt een evenwicht bereikt: de zwaartekracht en de luchtwrijving heffen elkaar op. De parachutist valt vanaf dat moment met een constante snelheid naar beneden (afbeelding 9a).



Als de parachute opengaat, wordt de totale luchtwrijving ineens veel groter. De parachutist beweegt nu vertraagd verder, gedurende korte tijd. De snelheid – en dus ook de luchtwrijving – nemen af, tot er opnieuw een evenwicht wordt bereikt. Vanaf dat moment zweeft de parachutist met een constante snelheid van ongeveer 18 km/h naar de aardbodem (afbeelding 9b).



▶ **afbeelding 9**
parachutisten voor (a: 150 km/h) en na (b: 18 km/h) het opentrekken van de parachute

Alleen voor GT

3 Kracht en arbeid



▲ **afbeelding 10**
De spieren van een wielrenner verrichten de nodige arbeid.

Een elektrische locomotief verbruikt elektrische energie. Het energieverbruik van zo'n locomotief hangt onder meer af van de afstand die wordt afgelegd.

Energie om te bewegen

Als je fietst, moeten je spieren voortdurend een voortstuwende kracht leveren. Dat kunnen je spieren niet zomaar; ze hebben daarvoor chemische energie nodig. Tijdens een lange fietstocht moet je regelmatig eten om de voorraad chemische energie voor je spieren op peil te houden.

Een automotor gebruikt de chemische energie in benzine om de auto voort te stuwen. Als de benzine op is, levert de motor geen voortstuwende kracht meer. Door te tanken, voorzie je de auto van nieuwe chemische energie.

Een elektrische locomotief krijgt elektrische energie via de bovenleiding. De locomotief heeft die energie nodig om de trein vooruit te trekken. Als de spanning op de bovenleiding uitvalt, komt de trein tot stilstand.

Een skiër die een helling afdaalt, maakt voor zijn beweging gebruik van zwaarte-energie. De zwaarte-energie die hij boven aan de helling heeft, wordt steeds verder opgebruikt, als hij naar beneden skiet.

Al deze voorbeelden maken duidelijk dat er energie nodig is om iemand of iets voort te stuwen.

Arbeid

Een motor kan maar een deel van de energie die hij opneemt nuttig gebruiken. Je zegt dat dit deel van de energie wordt gebruikt om **arbeid** te verrichten. Het gedeelte van de energie dat de motor niet nuttig gebruikt, gaat verloren als **afvalwarmte**. De motor moet worden gekoeld om die warmte af te voeren. Zo voorkom je dat de motor oververhit raakt.

Hoe meer arbeid een motor moet verrichten, des te meer energie hij nodig heeft. Hoeveel arbeid de motor verricht, hangt af van de afgelegde afstand. Dat zie je bijvoorbeeld bij een elektrische locomotief die dertig wagons vooruit moet trekken. Om een afstand van 500 km af te leggen, heeft de locomotief 2× zoveel energie nodig als om een afstand van 250 km af te leggen. Als de afstand verdubbelt, verdubbelt de arbeid ook.

Hoeveel arbeid de motor verricht, hangt ook af van de trekkracht. Als de trein niet uit dertig, maar uit zestig wagons bestaat, is de benodigde trekkracht 2× zo groot. Ook in dit geval verdubbelt de arbeid.

Je kunt de arbeid (*W*) berekenen door de afstand (*s*) en de geleverde kracht (*F*) met elkaar te vermenigvuldigen:

$W = F \cdot s$

Als je de kracht invult in newton en de afstand in meter, dan vind je de arbeid in newtonmeter (Nm). Een newtonmeter is per definitie gelijk aan 1 joule: 1 Nm = 1 J.

Een voorwerp vooruit trekken

Er zijn allerlei situaties waarin een voorwerp vooruit wordt getrokken of geduwd. Denk bijvoorbeeld aan:
- een paard dat een huifkar vooruit trekt;
- een duwboot die een bak met zand opduwt;
- een auto die een zware caravan sleept.

Je kunt de arbeid die op zo'n voorwerp wordt verricht, berekenen met $W = F \cdot s$. De kracht *F* is de trekkracht of duwkracht op het voorwerp.



▲ **afbeelding 11**
Op hellingen moet de auto een veel grotere trekkracht leveren.

Voorbeeld
Henk en Willemijn gaan op vakantie. Ze hangen hun caravan achter de auto en rijden daarna rustig naar de camping, 50 km verderop. De auto oefent daarbij een trekkracht van 1,2 kN uit op de caravan.
Bereken de arbeid die op de caravan wordt verricht.

$F = 1{,}2 \text{ kN} = 1{,}2 \cdot 10^3 \text{ N}$
$s = 50 \text{ km} = 50 \cdot 10^3 \text{ m}$

$W = F \cdot s$
$= 1{,}2 \cdot 10^3 \times 50 \cdot 10^3$
$= 6{,}0 \cdot 10^7 \text{ Nm (60 MJ)}$

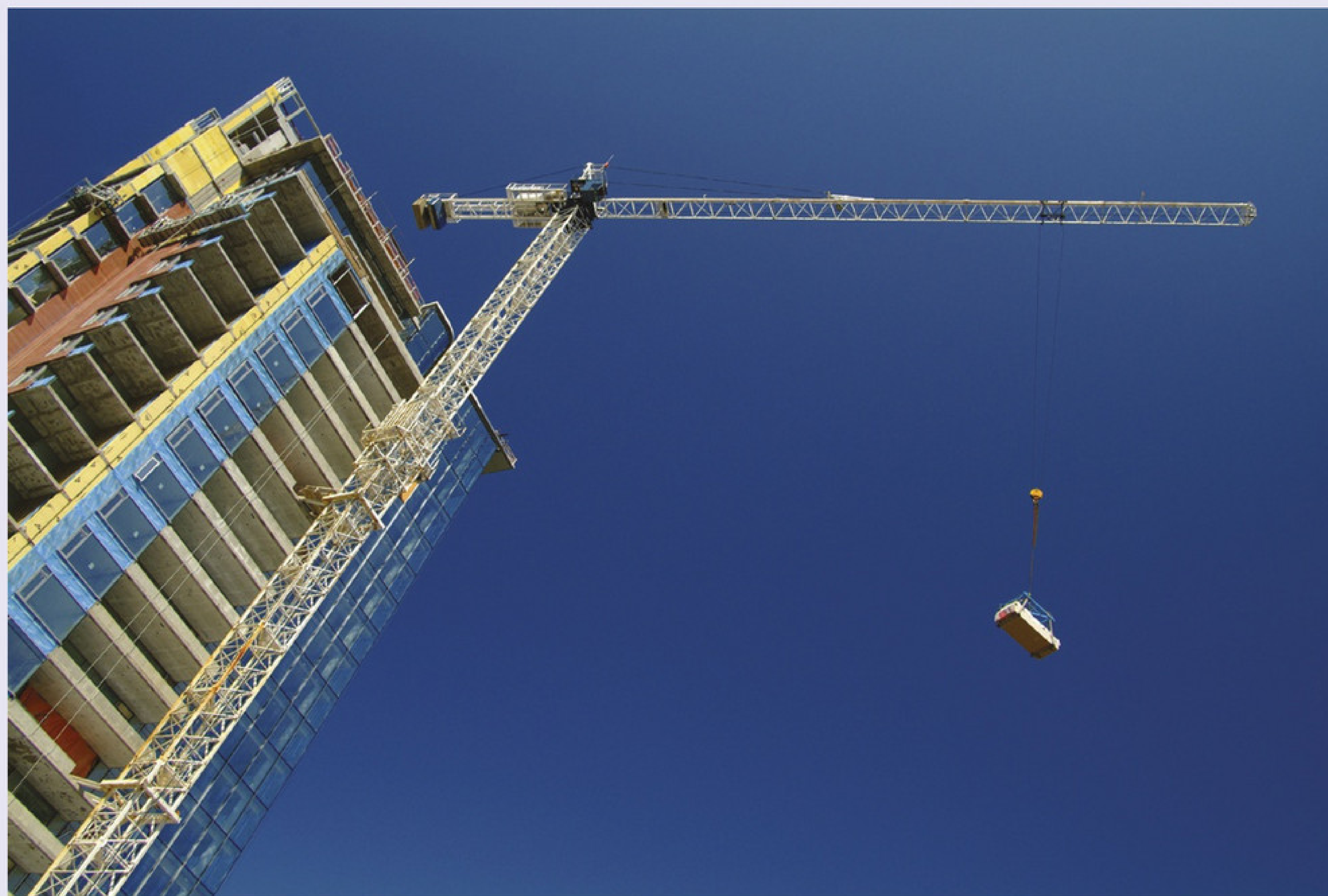
Een voorwerp ophijsen

Je kunt de formule $W = F \cdot s$ ook gebruiken in situaties waarin een voorwerp omhoog wordt gehesen of getild. Denk bijvoorbeeld aan:
- een gewichtheffer die een halter omhoog duwt;
- een verhuizer die een kast in een vrachtwagen tilt;
- een hijskraan die een container uit een schip hijst.

De benodigde hijs- of tilkracht F is niet steeds even groot. In het begin is F iets groter dan de zwaartekracht (het voorwerp beweegt dan versneld omhoog). Daarna zijn F en de zwaartekracht een tijd lang even groot (het voorwerp beweegt dan eenparig). Ten slotte is F iets kleiner dan de zwaartekracht (het voorwerp beweegt dan vertraagd).

Gemiddeld over de hele beweging is de hijs- of tilkracht F even groot als de zwaartekracht op het voorwerp.

Voorbeeld
Een hijskraan hijst een betonnen balk met een massa van 260 kg naar het dak van een flatgebouw van 45 meter hoog.
Bereken de arbeid die de hijskraan verricht.



▲ **afbeelding 12**
Tijdens het ophijsen verricht een hijskraan arbeid.

m = 260 kg
g = 10 N/kg
$s = h$ = 45 m

De hijskraacht F is (gemiddeld) even groot als de zwaartekracht:
$F = F_z = m \cdot g$
$= 260 \times 10$
$= 2600$ N

$W = F \cdot s$
$= 2600 \times 45$
$= 117\,000$ Nm (117 kJ)

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De achtbaan



▲ afbeelding 13
Zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.

De wagentjes van een achtbaan hebben geen motor. Bij het begin van een rit worden ze naar het hoogste punt van de achtbaan gesleept. Daarna bewegen ze verder onder invloed van de zwaartekracht.

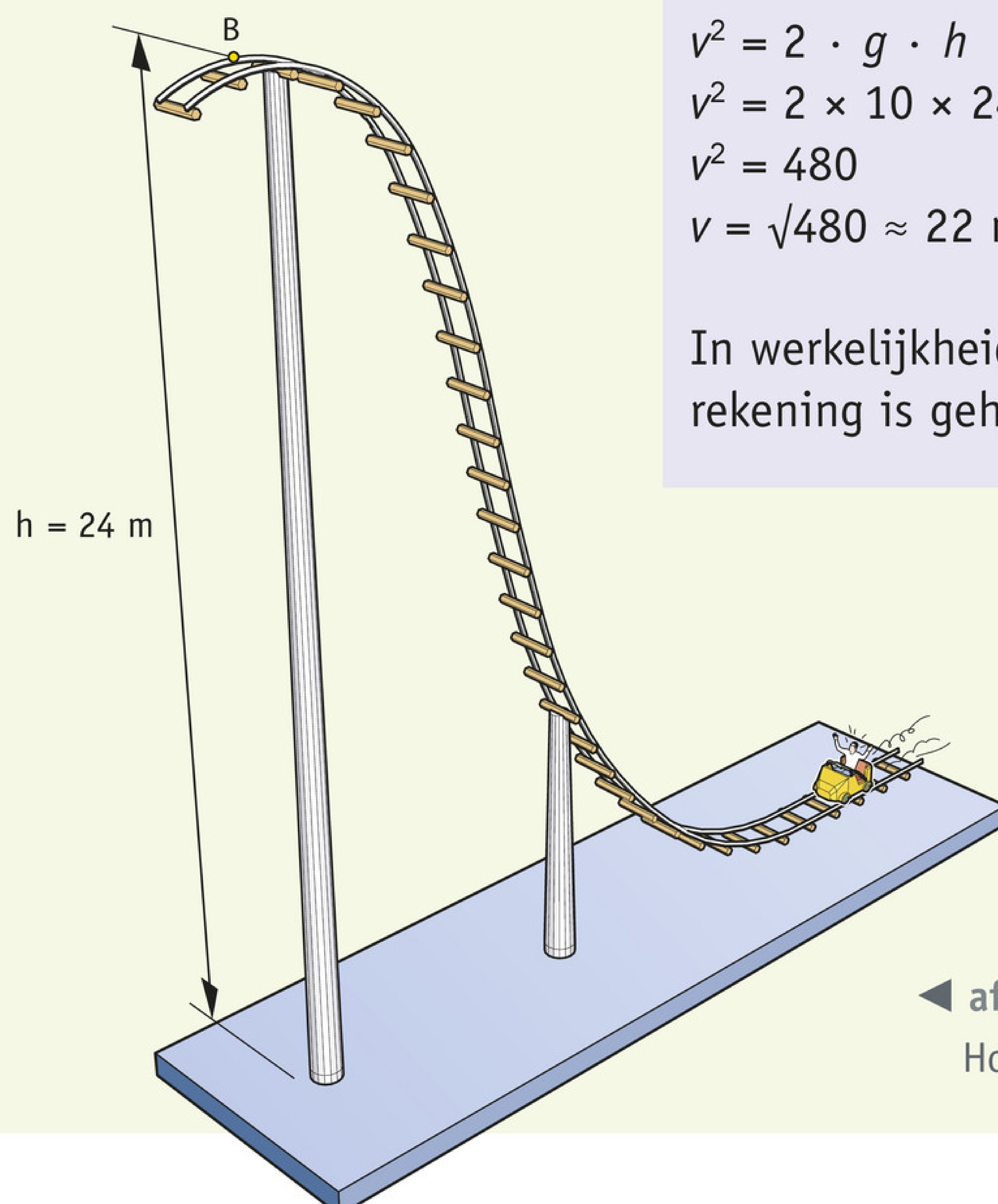
Als de wagentjes langs een helling omlaag bewegen, wordt er zwaarte-energie omgezet in bewegingsenergie: de wagentjes bewegen dan steeds sneller. Als de wagentjes daarna weer omhoog bewegen, wordt de bewegingsenergie weer omgezet in zwaarte-energie. De snelheid neemt dan af.

Hoe soepel de wagentjes ook lopen, er gaat altijd energie verloren door luchtwrijving en rolwrijving. Daarom zijn de toppen van een achtbaan lager, naarmate je het einde van de rit nadert.

Voorbeeld
In afbeelding 14 zie je een wagentje op een vlak stuk tussen twee hellingen. Het wagentje heeft net voldoende snelheid om punt B boven aan de helling te bereiken.
Bereken hoe groot die snelheid is. Verwaarloos de wrijving.

E_k (laagste punt) = E_z (hoogste punt)
$\frac{1}{2}\, m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$
Deel beide kanten door m en vermenigvuldig met 2. Je krijgt dan:
$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$
$v^2 = 2 \times 10 \times 24$
$v^2 = 480$
$v = \sqrt{480} \approx 22$ m/s

In werkelijkheid is een snelheid van 22 m/s iets te laag, omdat er geen rekening is gehouden met de tegenwerkende krachten.



◀ afbeelding 14
Hoe snel moet het wagentje bewegen?

4 Veiligheid in het verkeer

Het aantal verkeerdoden is de laatste jaren steeds verder gedaald. Automobilisten, fietsers en voetgangers worden dan ook steeds beter beschermd tegen de gevolgen van een ongeluk.

Een veilige snelheid kiezen Proef 3

Hoe sneller een automobilist rijdt, des te langer is zijn stopafstand (de reactieafstand + de remweg). Het is daarom belangrijk om een veilige snelheid te kiezen. Dan kun je op tijd tot stilstand komen, als er onverwacht iets gebeurt waardoor je moet remmen.



▲ **afbeelding 15**
Als het erg druk is, moeten automobilisten hun snelheid aanpassen.

Bij het kiezen van een veilige snelheid zijn vier dingen belangrijk:

1 Het soort weg
In een woonwijk rijd je langzamer dan op een doorgaande weg buiten de bebouwde kom. Op de snelweg ligt de veilige snelheid juist hoger dan op een gewone doorgaande weg.

2 Het overige verkeer
In het verkeer moet je altijd rekening houden met de overige weggebruikers. Als het druk is en er veel fietsers op de weg rijden, dan moet je je snelheid aanpassen (afbeelding 15).

3 Het weer
Als de weg glad is door ijzel of regen, neemt de stopafstand toe. De wrijving tussen de banden en de weg wordt kleiner, waardoor de banden minder grip hebben (afbeelding 16).

4 Bijzondere omstandigheden
Er kunnen omstandigheden zijn waardoor de stopafstand langer is dan normaal. Bijvoorbeeld:
- De auto is zwaar beladen met mensen en allerlei vakantiespullen.
- De banden van de auto zijn zo langzamerhand aan vervanging toe.
- De bestuurder is erg vermoeid en reageert langzamer dan anders.

Een goede automobilist kiest onder dit soort omstandigheden voor een lagere snelheid. Ook bij mist en zware regenval is het verstandig om je snelheid te matigen, omdat je zicht dan beperkt is.



◀ **afbeelding 16**
Het profiel op de banden is noodzakelijk voor een goede grip op de weg.

Voldoende afstand houden

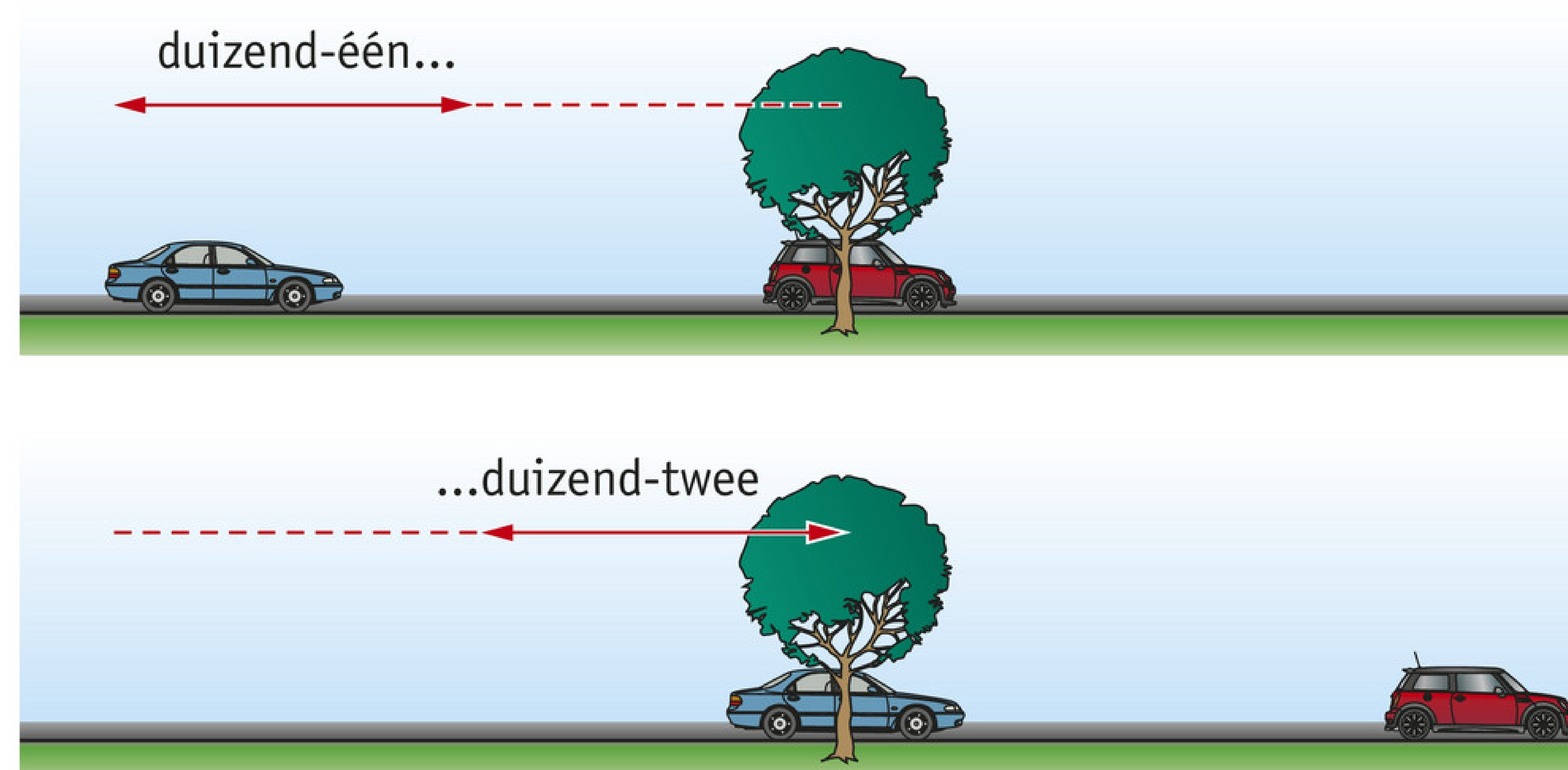
Het kiezen van een veilige snelheid is niet voldoende. Het is ook belangrijk om voldoende afstand te houden. De meeste kop-staartbotsingen ontstaan doordat automobilisten te dicht op hun voorligger rijden. Een bumperklever heeft niet genoeg tijd om te reageren als de auto voor hem plotseling moet remmen.

Verkeersdeskundigen adviseren automobilisten om afstand te houden volgens de zogeheten tweesecondenregel. Volgens deze regel bepaal je een veilige volgafstand door ‘duizend-één, duizend-twee’ te tellen, zodra de achterkant van je voorligger een bepaald punt passeert (bijvoorbeeld een verkeersbord of een boom). Als je zelf dit punt binnen twee seconden bereikt, rijd je te dicht op de voorligger (afbeelding 17).

Voorbeeld
Op een snelweg is de maximumsnelheid 120 km/h.
Bereken hoeveel meter afstand je moet houden volgens de tweesecondenregel.

v = 120 km/h ≈ 33,3 m/s
t = 2 s

$s = v \cdot t$
= 33,3 × 2
≈ 67 m



▲ **afbeelding 17**
Zo kun je nagaan of je voldoende afstand houdt.

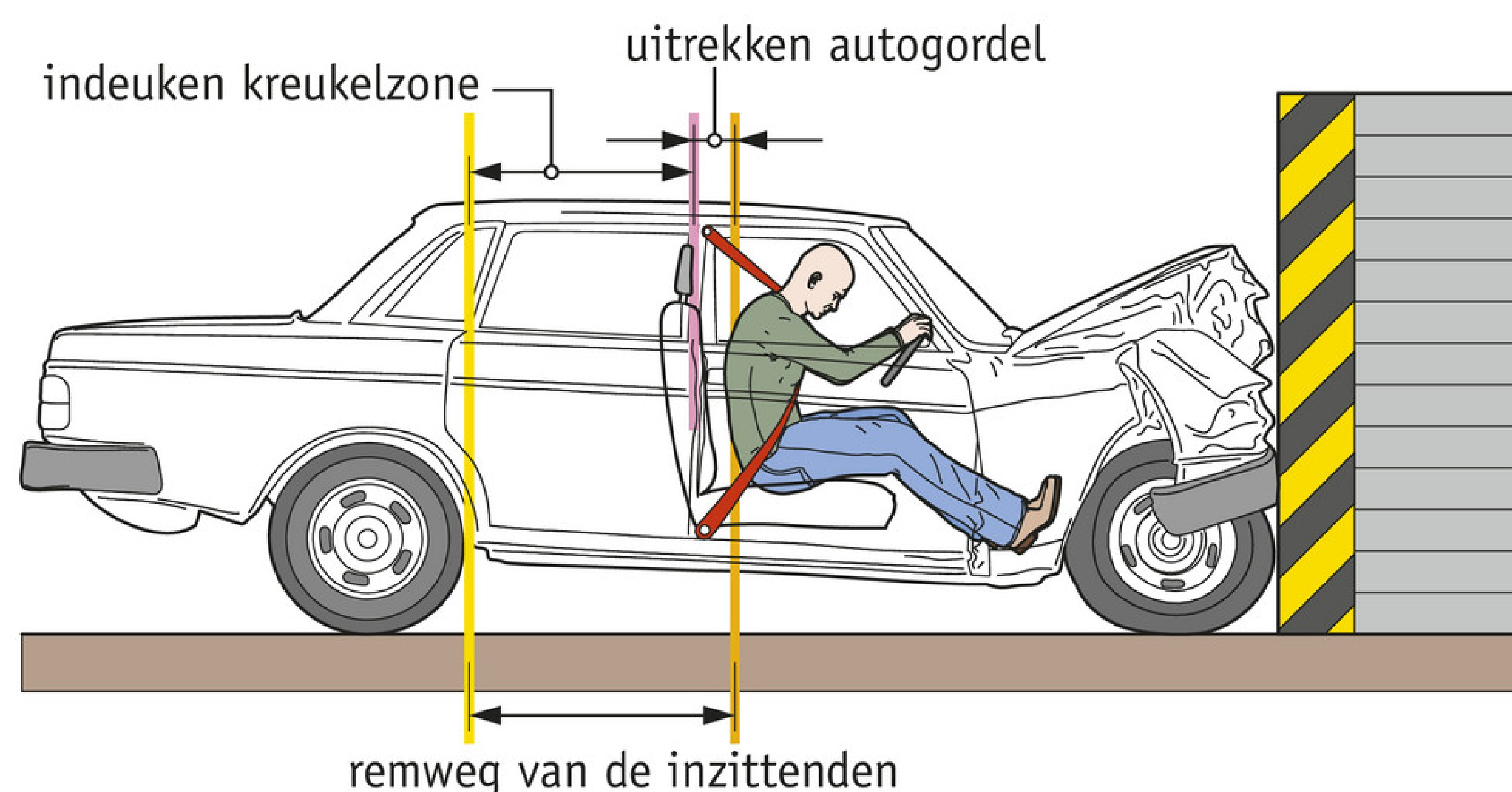
Kooiconstructie en kreukelzone Proef 4

Als een auto remt voor een stoplicht en langzaam tot stilstand komt, dan is de remweg lang. De krachten die de inzittenden afremmen, zijn dan niet groot. Die krachten kan een persoon gemakkelijk opvangen.

Bij een botsing zijn de 'remweg' en de 'remtijd' heel kort. Doordat de vertraging dan erg groot wordt, zijn ook de krachten op de auto en inzittenden erg groot. De inzittenden kunnen zulke grote krachten niet zomaar opvangen. Autofabrikanten doen daarom hun best om de 'remweg' voor de inzittenden zo lang mogelijk te maken. Hierdoor worden de krachten die op de inzittenden werken zo klein mogelijk.

Een auto wordt daarom verdeeld in drie delen. Het middendeel van de auto waarin de mensen zitten, wordt zo stevig mogelijk gemaakt. Voor dit deel wordt een **kooiconstructie** gebruikt die moeilijk kan worden vervormd. Deze constructie vormt een beschermende 'schil' om de inzittenden heen.

De voor- en de achterkant van een auto worden juist zo gemaakt dat ze bij een botsing gemakkelijk in elkaar kunnen worden gedrukt. Door deze **kreukelzones** wordt de 'remweg' van de inzittenden langer en zijn de afremmende krachten minder groot (afbeelding 18).



▶ **afbeelding 18**
Een botsingsproef. Je ziet hoe de remweg voor de inzittenden zo lang mogelijk wordt gemaakt.

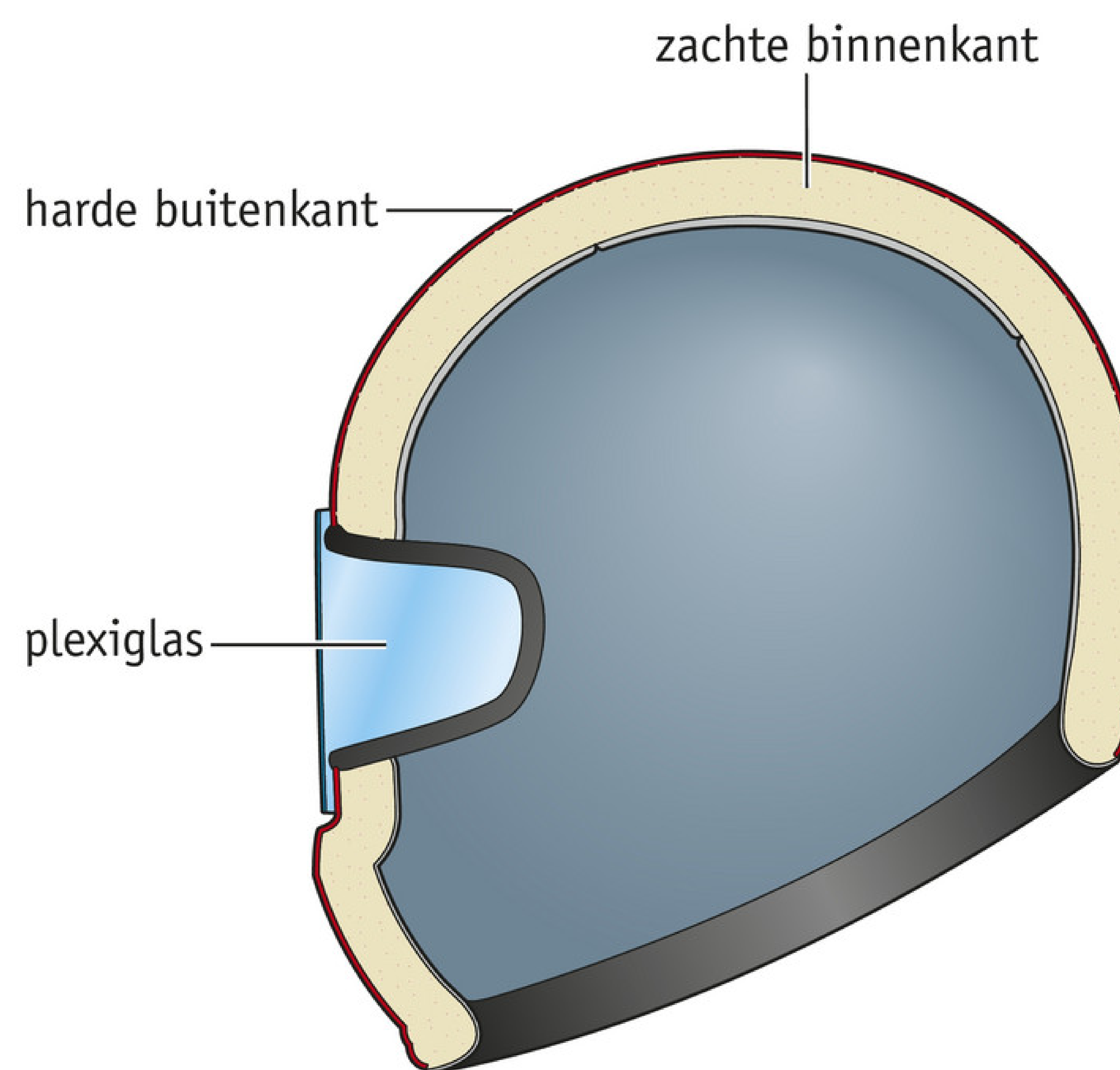
Veiligheidsgordels en airbags

De krachten op de inzittenden moeten zo klein mogelijk worden gehouden. De **veiligheidsgordel** zorgt ervoor dat de inzittenden samen met de auto worden afgeremd en niet tegen de voorruit slaan. De krachten moeten ook zo gelijkmatig mogelijk over het lichaam worden verdeeld. Veiligheidsgordels hebben daarom een brede band. De brede gordel verdeelt de afremmende krachten daardoor over een groot oppervlak, zodat de kans op verwondingen afneemt. Daarnaast rekt de gordel enigszins uit, waardoor de 'remweg' van je lichaam groter wordt.

Veel auto's zijn voorzien van **airbags** die bij een botsing automatisch worden opgeblazen. Zo'n airbag heeft dezelfde functie als een veiligheidsgordel. Hij moet de inzittenden zo geleidelijk mogelijk afremmen en de afremmende krachten zo goed mogelijk over het lichaam verdelen. Een airbag is daar erg geschikt voor, omdat hij groot is en meegeeft.

Veiligheidshelm en hoofdsteun

Het hoofd en de nek moeten extra worden beschermd. Daarom draag je een **veiligheidshelm** als je op een brommer of een motor rijdt. In afbeelding 19 is zo'n helm getekend.



▶ **afbeelding 19**
een veiligheidshelm in doorsnede

De buitenkant van de helm is gemaakt van een hard en sterk materiaal. Door deze harde buitenkant worden krachten op de helm over het hele hoofd verdeeld. Daardoor heeft een harde klap op je hoofd minder effect. De binnenkant van de helm is gemaakt van een zacht, schokdempend materiaal. Dit materiaal heeft dezelfde functie als de kreukelzone van een auto: het verlengt de 'remweg' en vermindert daardoor de botskracht.

In auto's zit een **hoofdsteun**. Deze beschermt je hoofd en je nek als je van achteren wordt aangereden. Zonder hoofdsteun zou je hoofd hard naar achteren klappen. Je nekwervels kunnen dan breken (whiplash), met als mogelijk gevolg een verlamming van je hele lichaam.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

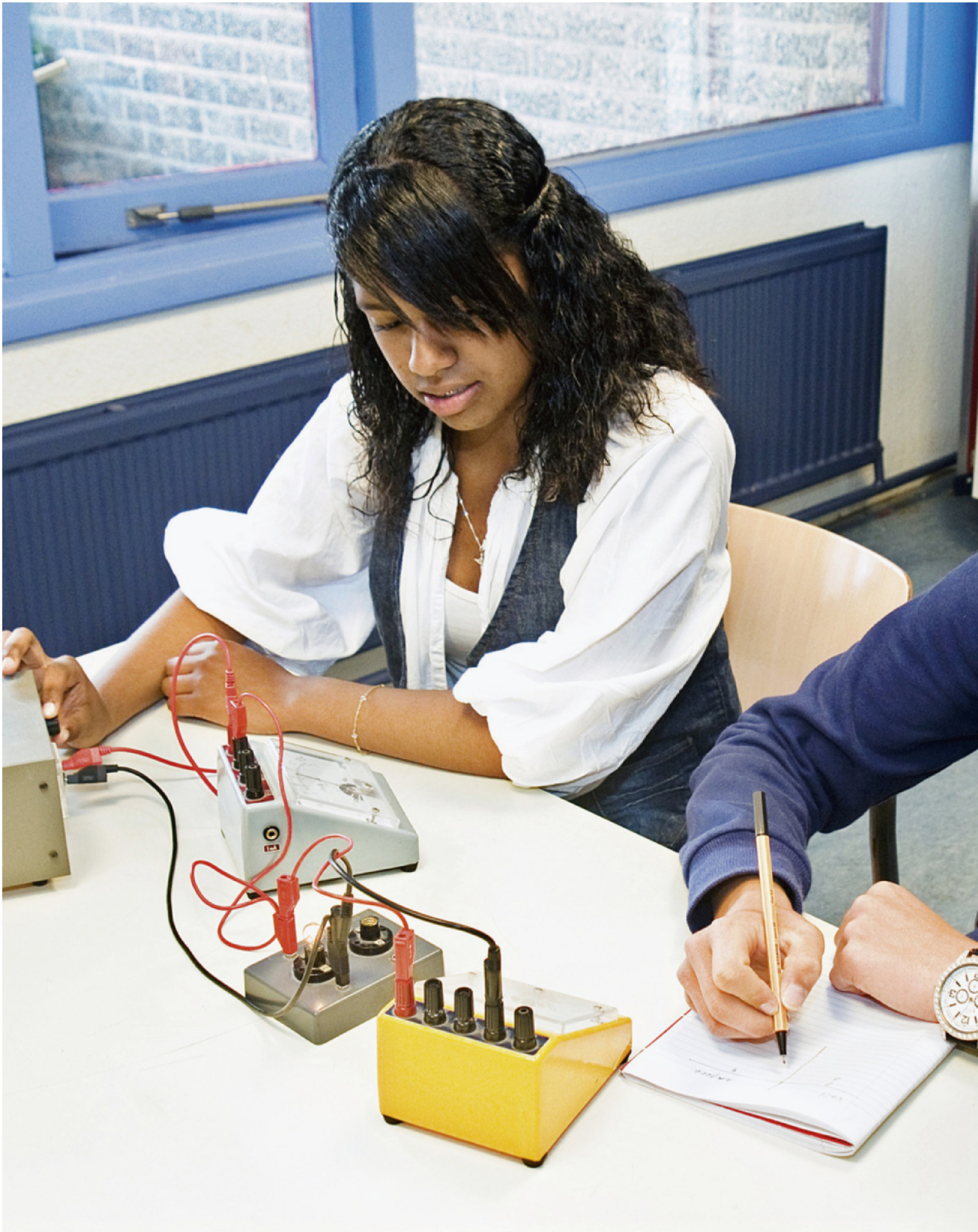
Plus Airbags voor fietsers en voetgangers

Veel autofabrikanten brengen alleen airbags aan om de inzittenden te beschermen tegen de gevolgen van een botsing. Als een auto echter in botsing komt met een bromfietser of voetganger, is de kans vrij klein dat de inzittenden van de auto gewond raken. Het is dan meestal de fietser of voetganger die ernstig gewond raakt.

Daarom hebben sommige auto's ook airbags die fietsers en voetgangers beschermen (afbeelding 20). Zij lopen zware verwondingen op als ze met hun hoofd tegen de auto klappen. Daarom wordt er aan de buitenkant van de auto, onder de motorkap, een airbag aangebracht. Bij een botsing komt het hoofd dan niet meer hard in aanraking met het metaal of het glas van de auto, maar met de opgeblazen airbag.



▶ **afbeelding 20**
een airbag voor voetgangers en fietsers



Vaardigheden

Examen doen

Het centraal examen gaat niet alleen over kennis (wat je weet), maar ook over vaardigheden (wat je kunt). Bij die vaardigheden horen bijvoorbeeld: proefopstellingen bouwen, meetgegevens verzamelen, berekeningen uitvoeren, grafieken tekenen, enzovoort. In dit onderdeel van het boek vind je een overzicht.

1 Examenopgaven maken

Het centraal examen natuur- en scheikunde 1 bestaat uit ongeveer veertig opgaven. Zo pak je die opgaven aan:

- **Stap 1: Kijk wat het onderwerp is**
  Het examen gaat over verschillende onderwerpen. Die onderwerpen vind je in de vette kopjes die in het examen staan (afbeelding 1). Bij ieder kopje begint een nieuw onderwerp. Meestal worden er per onderwerp verschillende vragen gesteld.

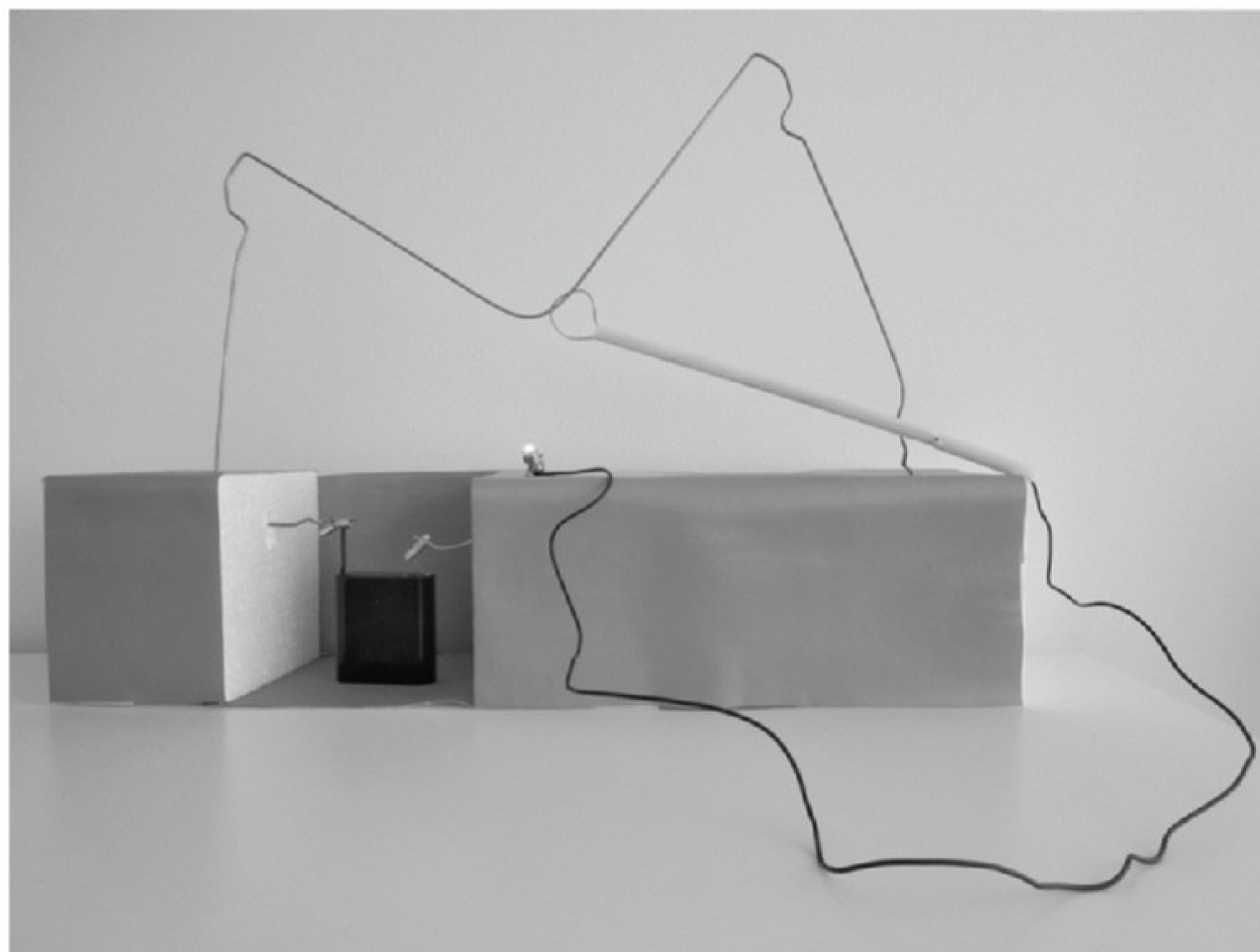
- **Stap 2: Ga na hoe de opgave is opgebouwd**
  Veel opgaven zitten als volgt in elkaar:
  1 een kopje met het onderwerp,
  2 een leestekst, vaak met een afbeelding erbij,
  3 een inleiding,
  4 de eigenlijke vraag of opdracht.

Voor het vraagnummer staat hoeveel punten je voor een goed antwoord krijgt (hier is dat 3p).

▼ **afbeelding 1**
Een examenopgave bestaat uit verschillende onderdelen.

Zenuwspiraal — 1 kopje

Berkan maakt een zenuwspiraal. Dit is een behendigheidsspel.
Wanneer de metalen ring de spiraal raakt gaat een lampje branden.



— 2 leestekst + afbeelding

3p **11** In de uitwerkbijlage staat een schematische afbeelding van de zenuwspiraal. De metalen ring raakt de metalen spiraal. — 3 inleiding

→ Teken in de afbeelding met een lijn de stroomkring en geef de richting van de elektrische stroom aan. — 4 vraag of opdracht

- **Stap 3: Lees de opgave goed door**
  Lees de hele tekst, van begin tot einde. Bekijk foto's, tekeningen en grafieken nauwkeurig.

- **Stap 4: Stel vast wat je precies moet doen**
  Sommige opgaven zijn vragen die je gewoon moet beantwoorden. Als er staat:
  Wat is de functie van de transformator bij een deurbel?
  dan schrijf je natuurlijk op wat de functie van zo'n transformator is.
  Andere opgaven zijn opdrachten. Zoek in zo'n opgave eerst het **opdrachtwoord** op (tabel 1). Dat vertelt je wat je precies moet doen.

▼ **tabel 1** opdrachtwoorden en hun betekenis

opdrachtwoord	Wat moet je doen?	Waar moet je op letten?
bereken	de waarde van een grootheid berekenen, meestal met een formule	dat je berekeningen volledig opschrijft (zie vaardigheid 5)
noem / noteer	iets opschrijven, bijvoorbeeld een oorzaak, een argument of een reden	dat je het gevraagde aantal oorzaken, argumenten enzovoort opschrijft (niet meer of minder)
leg uit	een uitleg geven	dat je uitleg volledig is (dat je dus geen denkstappen hebt overgeslagen)
teken	een proefopstelling of een grafiek tekenen	dat je de schakelschema's en grafieken tekent 'volgens de regels' (zie vaardigheid 8)
schets	iets schetsen, bijvoorbeeld een grafiek	dat het idee van de schets juist is (een schets hoeft niet exact te zijn)
toon aan	laten zien dat iets zo is	dat jouw redenering of berekening de gevraagde uitkomst oplevert
bepaal	iets opmeten of aflezen, soms met daarna nog een berekening	dat je nauwkeurig opmeet en afleest, en berekeningen volledig opschrijft

- **Stap 5: Bedenk wat het antwoord moet zijn**
  Twee tips, voor als je hierbij vastloopt:

  Tip 1
  Weet je niet welke formule je moet gebruiken?
  – Kijk welke grootheid je moet berekenen, en vertaal die in een letter.
  – Zoek in Binas alle formules op waarin die letter voorkomt.
  – Kijk welke van die formules het best past bij de gegevens.

Voorbeeld
In een opgave staat:

> Op een gloeilamp lees je: 230 V, 50 W.
> Bereken de stroomsterkte door de gloeilamp.

Je moet de stroomsterkte berekenen, dus je noteert: $I = ?$
In tabel 12 van Binas vind je drie formules met een I erin:

– $R = \dfrac{U}{I}$

– $P = U \cdot I$
– $I = I_1 + I_2$
Omdat je U (230 V) en P (50 W) kent, kies je: $P = U \cdot I$.

Tip 2
Mis je een gegeven dat je voor de opgave nodig hebt?
In dat geval kunnen er drie dingen aan de hand zijn:
1 Je kunt het ontbrekende gegeven opzoeken in Binas.
2 Je kunt het ontbrekende gegeven aflezen uit een grafiek, een tekening of een foto.
3 In de opgave zit een extra gegeven 'verstopt'. Dat is bijvoorbeeld zo als je de remweg van een auto moet berekenen. Uit het woord 'remweg' kun je zelf de conclusie trekken dat de auto aan het einde van de beweging stilstaat. Je hebt dus één gegeven meer dan je misschien dacht: de eindsnelheid ($v_e = 0$ m/s).

- **Stap 6: Schrijf het antwoord op**
  Schrijf bij elke opgave iets op, ook al ben je niet zeker van je zaak. Voor een gedeeltelijk goed antwoord krijg je altijd nog een deel van de punten. Een meerkeuzevraag kun je, ook als je gokt, toch goed hebben.

- **Stap 7: Controleer het antwoord**
  Lees de vraag nog eens en controleer:
  – Geeft jouw uitwerking (volledig) antwoord op de vraag?
  – Heb je de gegevens goed (af)gelezen en opgeschreven?
  – Kloppen je berekeningen als je die nog eens narekent?

2 Werken met Binas

In Binas (voluit: BINAS vmbo kgt, Informatieboek voor Nask 1 en Nask 2) kun je van alles opzoeken: grootheden, formules, schakelsymbolen, omrekenregels, gegevens van vaste stoffen en vloeistoffen en nog veel meer.

Drie tips voor het werken met Binas:

Tip 1: Binas als bron van gegevens
Op het centraal examen heb je Binas beslist nodig. Sommige opgaven kun je alleen maken met behulp van dit informatieboek.

Voorbeeld
In het examen van 2015, tijdvak 1, staat een opgave over lood en ijzer (afbeelding 2).
Om opgave 1 te kunnen maken, heb je de dichtheid van ijzer nodig.
Je vindt de dichtheid van ijzer in tabel 15, *Gegevens van enkele vaste stoffen*.

Let op: in de opgave staat alleen de naam van de tabel in Binas die je moet gebruiken. Het nummer van de tabel vind je in de inhoudsopgave.

▼ **afbeelding 2**
een examenopgave waarbij Binas onmisbaar is

Spreekwoordelijk gezegd

De Nederlandse taal heeft veel spreekwoorden en gezegden. Je ziet een gezegde met zijn betekenis.

Dat is lood om oud ijzer: Dat is hetzelfde.

Tijdens een practicum krijgt Mike een ijzeren blokje en een loden kogeltje. Hij onderzoekt enkele eigenschappen van deze voorwerpen.

3p **1** Van het ijzeren blokje bepaalt Mike de massa. Hij legt daarvoor het blokje op een bovenweger. Het blokje heeft een volume van 6,0 cm^3.



→ Laat met een berekening zien wat de bovenweger aangeeft. Gebruik de tabel ‘Gegevens van enkele vaste stoffen’ in BINAS.

Tip 2: Binas als geheugensteun
Heb je iets geleerd, maar weet je het niet goed meer? Pak dan je Binas erbij. Daar vind je een antwoord op vragen als:

- Wat is het symbool (de letter) van versnelling?
  Zie tabel 6: de letter *a*.
- Waar staat het schakelsymbool —| |— ?
  Zie tabel 14: een condensator.
- Wat is de formule voor het moment van een kracht?
  Tabel 7: $M = F \cdot l$.
- Hoe reken je elektrische energie om van kWh naar J?
  Tabel 2: 1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J.

Tip 3: Zoeken in Binas
Voor in Binas staat een **inhoudsopgave**. Daarmee kun je vaak snel de tabel vinden die je nodig hebt. Het is verstandig om voor het examen Binas een aantal keren door te bladeren. Zo krijg je een goede indruk van wat je allemaal in dit informatieboek kunt vinden.
Als je er met de inhoudsopgave niet uitkomt, gebruik dan het **register** achter in het boek. Een woord zoals ‘standaarddruk’ vind je niet met de inhoudsopgave, maar wel met het register.

3 Werken met meetinstrumenten

Bij het vak natuur- en scheikunde werk je met allerlei meetinstrumenten. Voorbeelden zijn de stroommeter, spanningsmeter, multimeter en geluidssterktemeter. Om een goede meting uit te voeren, ga je stap voor stap te werk:

- **Stap 1: Bepaal welk(e) meetinstrument(en) je nodig hebt**
  Bij een onderzoek wil je een vraag beantwoorden zoals:
  Klopt het elektrisch vermogen dat op deze lamp vermeld staat?
  Je weet dat je het elektrisch vermogen kunt bepalen met de formule $P = U \cdot I$. Dat betekent dat je de spanning (U) moet meten en de stroomsterkte (I). Je heb dus twee meetinstrumenten nodig: een spanningsmeter en een stroommeter.

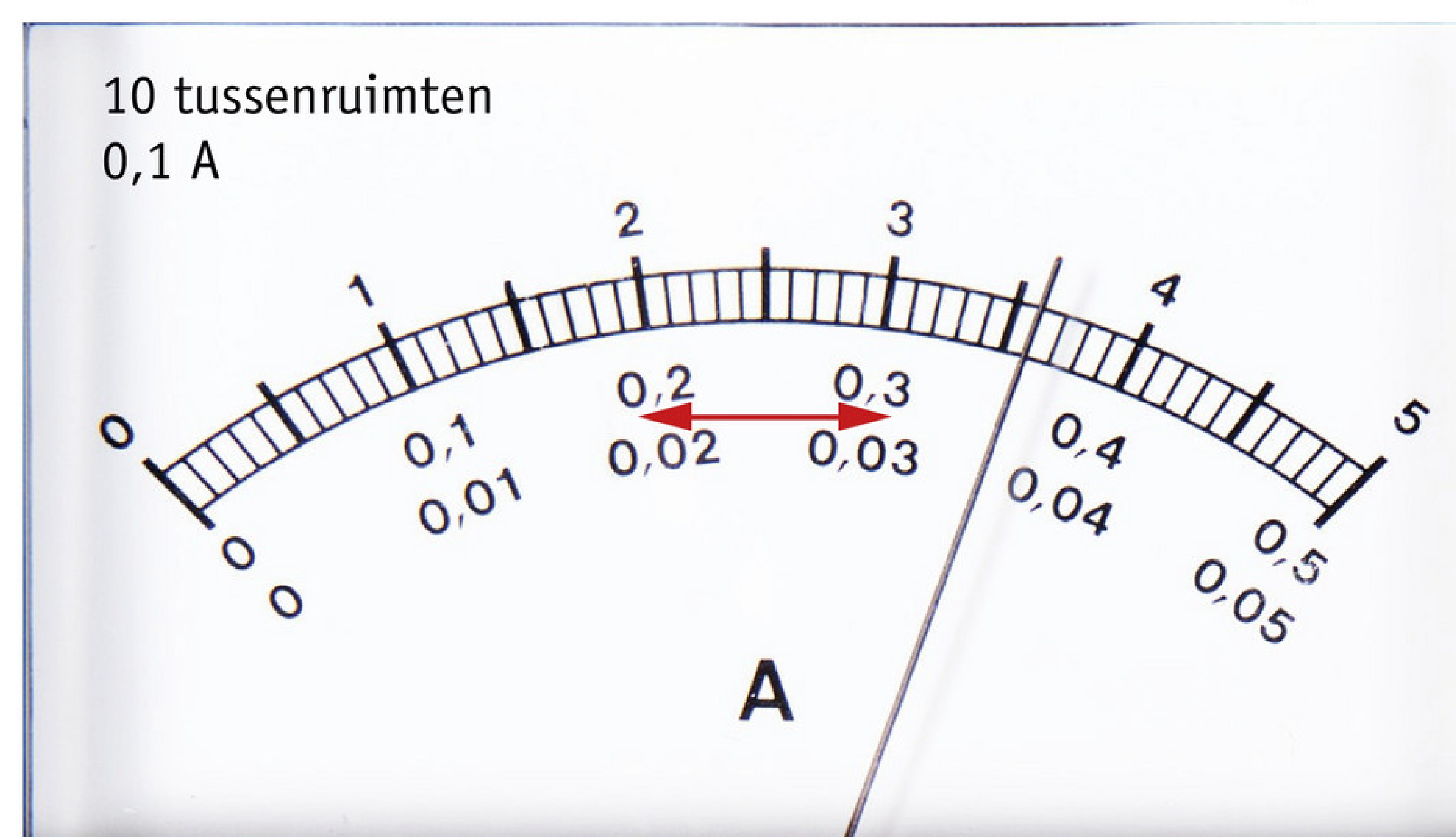
- **Stap 2: Sluit het meetinstrument aan**
  Stroom- en spanningsmeters moet je correct aansluiten: een stroommeter in serie met het apparaat, een spanningsmeter parallel.
  Bij gelijkstroom en -spanning is ook de stroomrichting van belang.
  Je moet de pluskant van de meter verbinden met de pluspool van de spanningsbron, en de minkant met de minpool. Meestal is de pluskant een rood busje en de minkant een zwart busje.

- **Stap 3: Kies het juiste meetbereik**
  Stroom- en spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. Je kunt het meetbereik dat je moet gebruiken, als volgt vinden:
  – Maak een proefmeting met het grootste meetbereik.
  – Kijk hoe groot de stroomsterkte of de spanning ongeveer is.
  – Kies het kleinste meetbereik waarbij je de meter nog kunt aflezen.

  Hoe kleiner het gebruikte meetbereik, des te nauwkeuriger is het meetresultaat.

- **Stap 4: Lees het meetinstrument af**
  Veel meetinstrumenten hebben een schaalverdeling. Bij het aflezen van zo'n meetinstrument bepaal je eerst hoeveel elk streepje waard is. Daarna lees je zo nauwkeurig mogelijk de meetwaarde af.
  Bij de stroommeter in afbeelding 4 redeneer je bijvoorbeeld als volgt:
  – Ik heb het meetbereik van 0 tot 0,5 A gebruikt.
  – Tussen 0,3 en 0,4 A zijn er tien tussenruimten.
  – Elk streepje is dus 0,1 / 10 = 0,01 A waard.
  – De wijzer staat op het zesde streepje.
  – De stroomsterkte is dus 0,36 A.





▶ **afbeelding 3**
Hoe groot is de stroomsterkte?

4 Veilig werken met stoffen

Houd je aan de volgende veiligheidsregels, als je met stoffen werkt:

Draag de juiste kleding
- Draag altijd een laboratoriumjas en doe die dicht.
- Bind lange haren met een elastiekje of haarband naar achteren.
- Draag altijd een veiligheidsbril.

Bereid je goed voor
Zorg ervoor dat je de gevaren van de gebruikte stoffen kent. Je kunt die informatie halen:
- uit de instructie van je docent;
- uit de proefbeschrijving in je boek;
- uit de **veiligheidskaarten** bij de stoffen;
- uit de etiketten die op de voorraadpotten staan.

Leer welke pictogrammen (veiligheidssymbolen) je kunt tegenkomen en wat ze betekenen.

Werk netjes
- Gebruik een spatel om stoffen uit een voorraadpot te halen.
- Houd de reageerbuis zo dicht mogelijk bij de voorraadpot.
- Haal niet meer stof op dan je voor de proef nodig hebt.
- Houd de spatel horizontaal bij het scheppen en overbrengen.
- Blijf met een volle spatel boven de voorraadpot of de reageerbuis.
- Zorg ervoor dat vloeistoffen niet gaan spatten.

Voorkom besmetting met chemicaliën
- Ruim gemorst materiaal meteen op.
- Eet en drink nooit tijdens het practicum.
- Houd boeken en tassen uit de buurt van chemicaliën.
- Maak alle materialen na afloop schoon en ruim ze netjes op.
- Was na afloop van het practicum altijd je handen.

Gebruik veiligheidsmiddelen als dat nodig is
- Onthoud waar je de volgende veiligheidsmiddelen kunt vinden:
  - witte jas
  - veiligheidsbril
  - blusmiddelen
  - (oog)douche
  - branddeken
- Gebruik de veiligheidsmiddelen als dat nodig is. Houd je daarbij aan de instructie die je krijgt van je docent.



▲ **afbeelding 4**
Zo gebruik je een oogdouche.

De stoffen waarmee je tijdens practica werkt, zijn vaak schadelijk voor het milieu. Ze mogen niet in het milieu (lucht, water, bodem) terechtkomen. Bij veilig werken hoort daarom ook:

Werk met kleine hoeveelheden
Hoe minder stof je neemt voor een proef, hoe minder van die stof in het milieu terecht kan komen. Neem dus niet meer van een stof dan in de instructie wordt aangegeven.



▲ **afbeelding 5**
Zo kun je een vloeistof na een proef weer inleveren.

Houd je aan de aanwijzingen
Je docent en/of de TOA zal je vertellen:
- hoe je de verschillende stoffen moet ophalen;
- wat je moet doen als je per ongeluk iets morst;
- wat je moet doen met de stoffen die overblijven.

Houd je aan die aanwijzingen. Dan werk je veilig en milieubewust.

Lever de stoffen die overblijven gescheiden in
Stoffen die je niet hebt gebruikt, kun je weer inleveren bij je docent of TOA. Afvalstoffen lever je ook gescheiden in. Veel scholen hebben aparte afvalbakken voor:
- zware metalen (ZM);
- overige anorganische stoffen (OAS);
- halogeenhoudende organische stoffen (HOS);
- overige organische stoffen (OOS).

Soms mag je afval in de gootsteen gieten of in de prullenbak gooien. Doe dat alleen als je docent of TOA duidelijk heeft gezegd dat dat verantwoord is.

5 Werken met formules

Bij natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Een goede aanpak is:

- **Stap 1: Lees de opgave**
  Lees de opgave en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. In het voorbeeld op de volgende bladzijde moet je de tijd berekenen waarin een waterkoker een liter water opwarmt. Je verwacht dan een tijd van enkele minuten. Een paar seconden is duidelijk te weinig en een paar uur duidelijk te veel.

- **Stap 2: Noteer de gegevens**
  Vertaal alle gegevens in letters en cijfers, en noteer ze. Een gegeven als '336 kJ warmte' noteer je bijvoorbeeld als: $Q = E = 336$ kJ.

- **Stap 3: Schrijf de formule(s) op**
  Sommige formules kun je op verschillende manieren opschrijven. Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het is-teken (=) staat. Je schrijft dus:

  – $E = P \cdot t$ als je de hoeveelheid energie (E) wilt berekenen;
  – $P = \frac{E}{t}$ als je het vermogen (P) wilt berekenen;
  – $t = \frac{E}{P}$ als je de benodigde tijd (t) wilt berekenen.

- **Stap 4: Controleer de gegevens**
  Controleer of de eenheden in de opgave overeenkomen met de eenheden die je in de formule moet invullen. In de formules hiervoor moet je bijvoorbeeld E invullen in joule (J). Reken de gegevens indien nodig om naar de juiste eenheden voordat je ze in de formule invult:
  336 kJ = 336 000 J = $336 \cdot 10^3$ J.

- **Stap 5: Vul de gegevens in**

- **Stap 6: Werk de berekening uit**

- **Stap 7: Noteer de uitkomst**
  De uitkomst is een getal + een eenheid. De eenheid moet kloppen met de gegevens: als je het vermogen invult in watt (W) en de tijd in seconden (s), dan vind je de hoeveelheid energie in joule (J). Enzovoort.

- **Stap 8: Controleer de uitkomst**
  Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Ga ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt.

Voorbeeld
Om een liter water van 20 °C aan de kook te brengen, is 336 kJ warmte nodig.
Hoelang doet een waterkoker van 2000 W erover om deze hoeveelheid warmte te leveren?

$Q = E = 336$ kJ $= 336 \cdot 10^3$ J
$P = 2000$ W

$$t = \frac{E}{P} = \frac{336 \cdot 10^3}{2000} = 168 \text{ s (2 min en 48 s)}$$

Controle: $E = P \cdot t = 2000 \times 168 = 336\,000$ J = 336 kJ

6 Rekenen met machten van 10

Bij natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn. Er is een handige manier bedacht om dat soort getallen op te schrijven. Voor grote getallen gebruik je positieve machten van 10. Voor kleine getallen gebruik je negatieve machten van 10.

positieve machten	*negatieve machten*
$10^1 = 10$	$10^{-1} = 1/10 = 0,1$
$10^2 = 10 \times 10 = 100$	$10^{-2} = 1/100 = 0,01$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$	$10^{-3} = 1/1000 = 0,001$
enzovoort	enzovoort

Soms is het handig om een macht van 10 te vervangen door een voorvoegsel. In plaats van "de afstand is $11,3 \cdot 10^3$ m" kun je ook schrijven: "de afstand is 11,3 km". Het voorvoegsel k (kilo) betekent duizend, net als 10^3. Zie tabel 3 in Binas.

Voorbeeld
De kerncentrale in Gravelines (Frankrijk) heeft een elektrisch vermogen van 5460 MW. In de praktijk wordt gemiddeld 75% van dit vermogen gebruikt. De overige 25% is niet beschikbaar. De reactoren van de centrale hebben regelmatig onderhoud nodig en kunnen dus niet altijd energie leveren.
Bereken hoeveel kWh elektrische energie de kerncentrale in één jaar levert.

75% van 5460 MW = 4095 MW
$P = 4095 \text{ MW} = 4095 \cdot 10^6 \text{ W} = 4095 \cdot 10^3 \text{ kW}$
$t = 365 \times 24 = 8760 \text{ h}$

$$E = P \cdot t$$
$$= 4095 \cdot 10^3 \times 8760$$
$$= 3,587\ 2 \cdot 10^{10} \text{ kWh} \approx 3587 \cdot 10^7 \text{ kWh}$$

De centrale produceert elk jaar 35,87 miljard kWh elektrische energie.

7 Werken met grootheden en eenheden

Een **grootheid** is iets wat je kunt meten. Voorbeelden van grootheden zijn massa, kracht, weerstand en tijd. Om een grootheid te kunnen meten, heb je een **eenheid** nodig. Je meet de massa in kilogram, de kracht in newton, de weerstand in ohm en de tijd in seconden. In tabel 6 van Binas kun je verschillende grootheden en hun eenheden opzoeken.

Vaak past de grootte van een eenheid niet goed bij de grootte van wat je wilt meten. In zo'n geval kun je een **voorvoegsel** voor de eenheid zetten. In plaats van "de dikte is 0,0003 meter" schrijf je: "de dikte is 0,3 mm".

Je kunt een voorvoegsel altijd vervangen door een macht van 10. In plaats van "de centrales hebben samen een vermogen van 450 GW" kun je ook schrijven: "de centrales hebben samen een vermogen van $450 \cdot 10^9$ W". Het voorvoegsel G (giga) betekent net als 10^9 één miljard. Zie tabel 3 in Binas.

Soms zijn er voor één grootheid verschillende eenheden in gebruik. Denk aan de temperatuur (°C en K) of aan elektrische energie (J en kWh). Het is dan vaak nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Hieronder staan twee voorbeelden.

Voorbeeld
Volgens een website is de gemiddelde temperatuur op Mars 210 K.
Hoeveel graden Celsius is dat?

Om van kelvin terug te rekenen naar graden celsius, moet je 273 van de temperatuur in kelvin aftrekken. Dus:

$T = 210 - 273 = -63$ °C.

Voorbeeld
Volgens een consumentenorganisatie verbruikt een gemiddeld Nederlands gezin ± 3500 kWh elektrische energie per jaar.
Hoeveel is dat in joule?

1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J (zie Binas, tabel 2)

3500 kWh = $3500 \times 3{,}6 \cdot 10^6$ J = $1260 \cdot 10^7$ J (of 12,60 GJ)

8 Werken met tabellen en grafieken

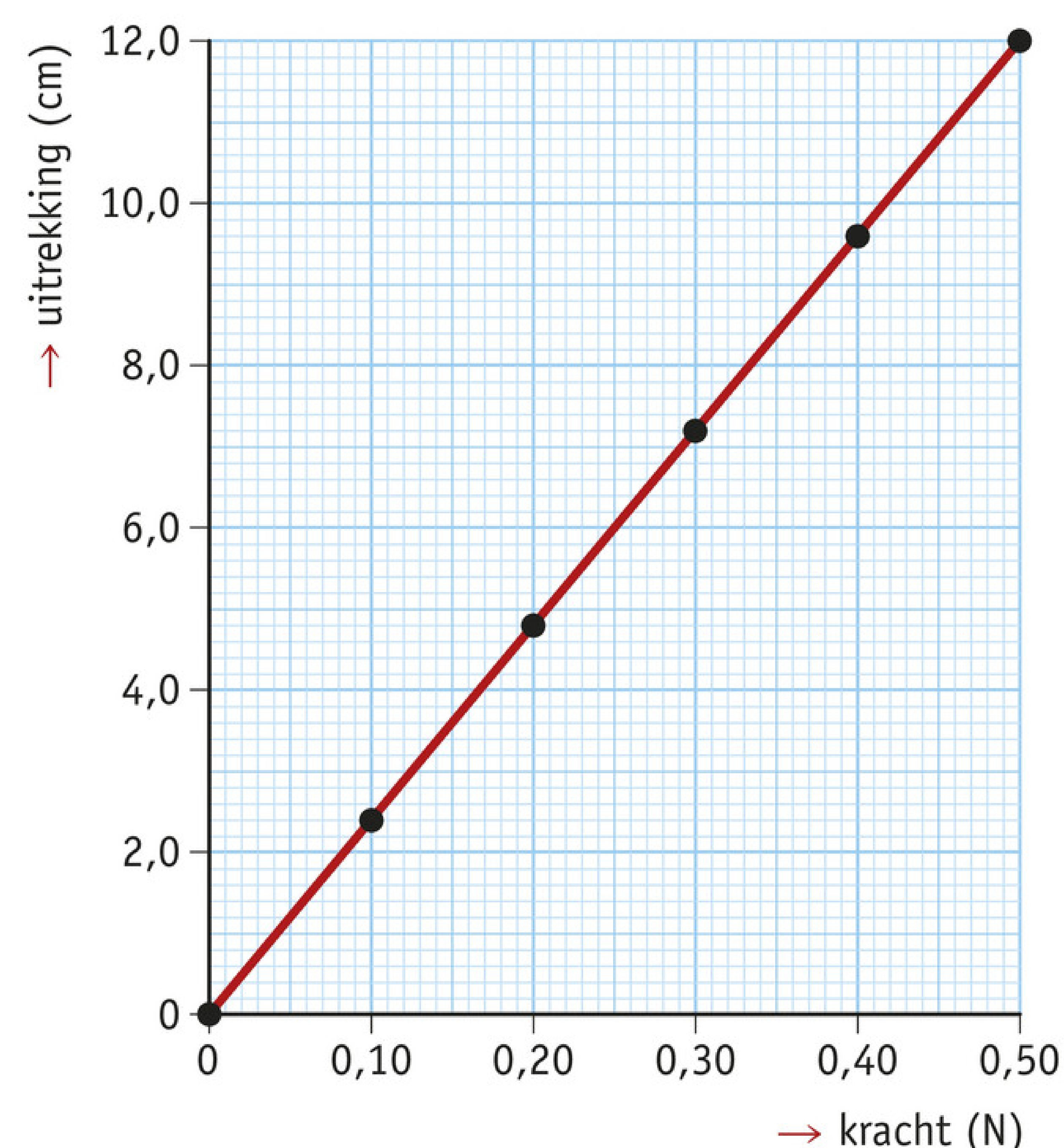
Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek. Zo'n grafiek maak je als volgt:

- **Stap 1: Assenstelsel tekenen**
  Teken een assenstelsel. In het werkboek is dat meestal al voor jou gedaan. In het examen staat meestal een assenstelsel in de uitwerkbijlage.
- **Stap 2: Grootheden plaatsen**
  Zet bij elke as een grootheid, met de bijbehorende eenheid. Bijvoorbeeld: → kracht (N) en → uitrekking (cm).
- **Stap 3: Geschikte schaalverdeling aanbrengen**
  Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat de grootste getallen er nog op passen en gebruik minstens 2/3 van de assen.
- **Stap 4: Meetresultaten intekenen**
  Teken de meetresultaten in als punten (afbeelding 6).
- **Stap 5: Rechte lijn trekken**
  Trek een rechte lijn, als de punten ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Je mag de punten niet één voor één met elkaar verbinden.
- **Stap 6: Vloeiende kromme tekenen**
  Teken een vloeiende kromme, als de punten duidelijk niet op één lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Je mag de punten niet één voor één met elkaar verbinden.

Het geeft dus niet dat de rechte lijn of de kromme niet precies door alle meetpunten loopt.

▼ **afbeelding 6**
van tabel naar grafiek

kracht (N)	lengte veer (cm)	uitrekking (cm)
0	5,3	0
0,10	7,7	2,4
0,20	10,2	4,9
0,30	12,5	7,2
0,40	15,0	9,7
0,50	17,3	12,0



9 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat is het verband tussen de kracht en de uitrekking bij een spiraalveer?

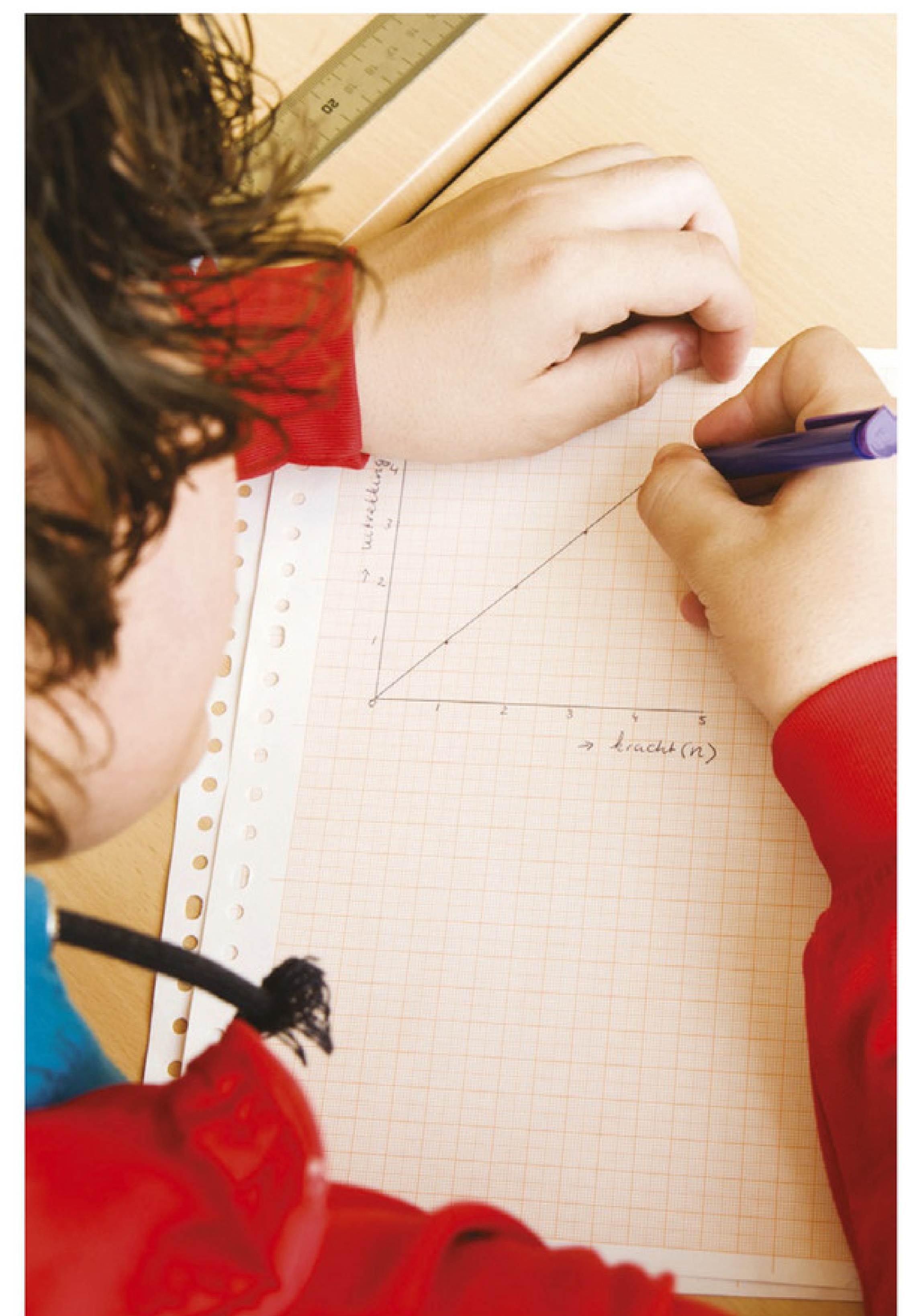
Bij deze vraag zijn de grootheden de kracht (op de spiraalveer) en de uitrekking (van de spiraalveer).
Hoe meet je nu zo'n verband? Een paar aanwijzingen:

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten kunt noteren: links de kracht, rechts de uitrekking.
- Kies voor de grootheid in de linker kolom een serie 'mooie' getallen. Als je gewichtjes van 10 gram aan de spiraalveer hangt, krijgt de kracht bijvoorbeeld de volgende waarden (in N):
  0 – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4, enzovoort.
  Dat maakt het gemakkelijker om straks een grafiek te tekenen.
- Noteer de meetwaarden in de tabel: links de kracht (in N), rechts de uitrekking (in cm).
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 8 kun je lezen hoe dat moet. Zet de kracht langs de horizontale as en de uitrekking langs de verticale as.

▼ **afbeelding 7**


ⓐ meten

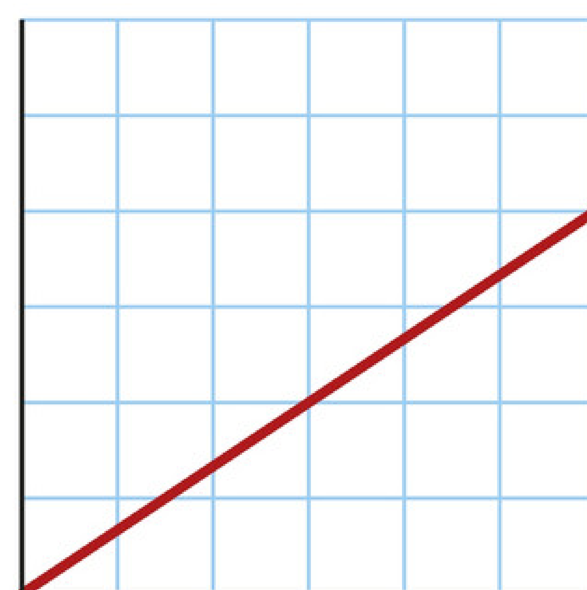

ⓑ noteren

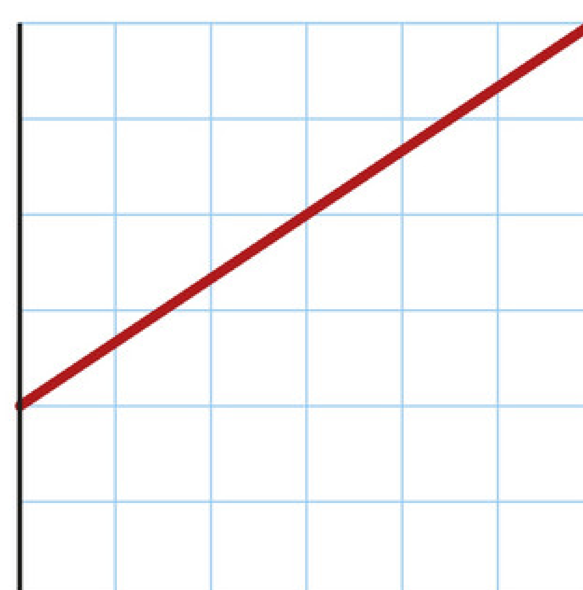

ⓒ tekenen

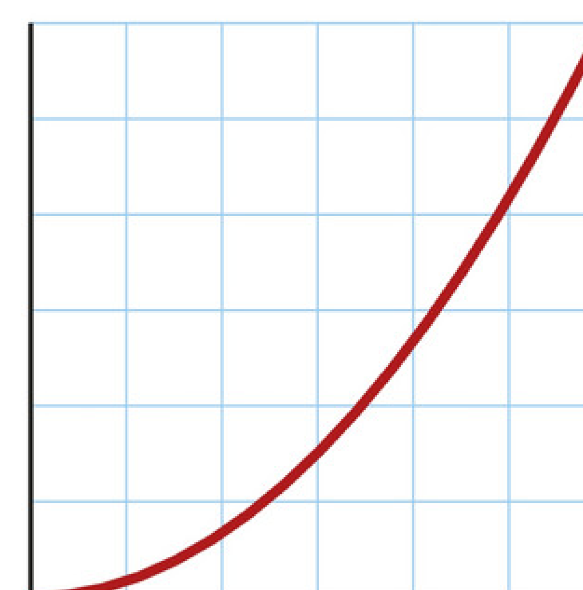
- Vergelijk jouw grafiek met afbeelding 8. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband evenredig is;
  b als het verband lineair is;
  c als het verband kwadratisch is;
  d als het verband omgekeerd evenredig is.

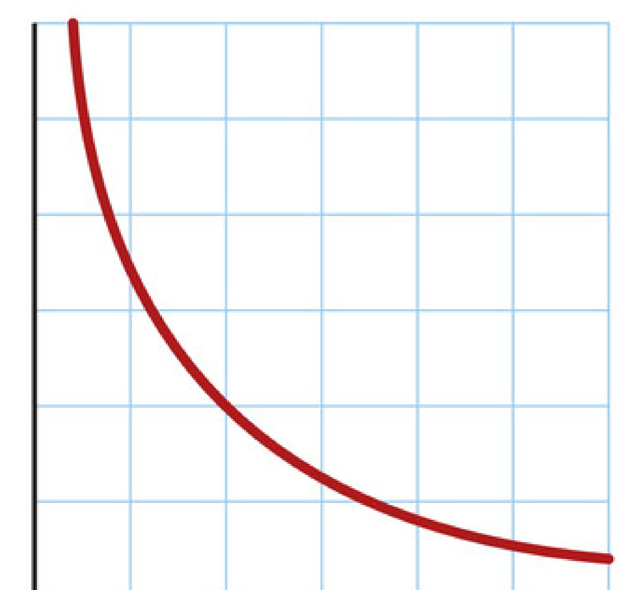
- Het (kracht,uitrekking)-diagram van een spiraalveer is een rechte lijn door de oorsprong. Daaraan zie je dat het verband tussen de uitrekking en de kracht bij een spiraalveer evenredig is.

▼ **afbeelding 8**
vier soorten verbanden


evenredig
ⓐ


lineair
ⓑ


kwadratisch
ⓒ


omgekeerd evenredig
ⓓ

10 Een ontwerp maken

Om gebouwen, verpakkingen, kledingstukken, tenten, gereedschap, meubels of wat dan ook te maken, heb je een ontwerp nodig. Een ontwerp maken voor een product doe je stap voor stap.

- **Stap 1: Wat ga je maken**
  Denk na over het product dat je gaat maken.
  – Wat is het doel van het product?
  – Aan welke eisen moet het product dus voldoen?
  – Wat heb je nodig om het product te maken?
  – Waar moet je nog meer rekening mee houden?
  – Maak alvast een schets van het product.

- **Stap 2: Maak een werkplan**
  Je weet wat je gaat maken en hoe je dat gaat doen. Schrijf dat stap voor stap in een werkplan. Zet in je werkplan:
  – een korte omschrijving van het product dat je gaat maken;
  – een tekening van het product, met de maten erbij;
  – de eisen waaraan het product moet voldoen;
  – de materialen die je nodig hebt, in de juiste hoeveelheden;
  – de gereedschappen die je nodig hebt;
  – een tijdpad: wat doe je eerst, hoelang duurt dat, wat doe je daarna.

- **Stap 3: Bouw het ontwerp**
  Ga aan de slag volgens de stappen in het werkplan.

- **Stap 4: Test het ontwerp**
  Probeer het product uit. Werkt het? Past het? Doet het wat het moet doen?
  Zo ja, ontwerp geslaagd. Zo nee, doe dan voorstellen voor verbetering.

- **Stap 5: Stel verbeteringen voor**
  Het product voldoet niet aan de eisen. Ga na wat er beter of anders kan. Kijk daarbij naar het product, maar ook naar het ontwerp en de uitvoering. Moet je bijvoorbeeld het ontwerp aanpassen? Kun je beter een ander materiaal gebruiken? Of is er bij de uitvoering iets misgegaan?
  Noteer hoe je ontwerp of de uitvoering ervan beter zou kunnen.

11 Een onderzoek doen

Bij het uitvoeren van een onderzoek kun je het best stap voor stap te werk gaan.

- **Stap 1: Onderzoek voorbereiden**
  - Kies of bedenk een onderzoeksvraag.
    Soms staat de onderzoeksvraag al in het boek vermeld. Dan hoef je er alleen over na te denken hoe je die vraag kunt beantwoorden. Soms mag of moet je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden; denk er goed over na of je vraag wel geschikt is. Je moet al een idee hebben hoe je aan het antwoord kunt komen.
  - Schrijf op welke stoffen, materialen en gereedschappen je nodig hebt.
  - Denk na over alternatieven voor de uitvoering.
    Het kan gebeuren dat niet alle benodigde stoffen, materialen en gereedschappen beschikbaar zijn. Bedenk dan hoe je met andere benodigdheden toch het onderzoek kunt uitvoeren.

- **Stap 2: Een werkplan maken**
  In je werkplan schrijf je op:
  - welke grootheden je gaat meten;
  - welke materialen en apparatuur je nodig hebt;
  - welke opstelling je gaat bouwen (maak een tekening);
  - welke metingen je gaat uitvoeren;
  - (eventueel) welke formules je gaat gebruiken.

Voorbeeld
Jermaine heeft als onderzoeksvraag gekozen:
Welk deel van de energie van een stuiterende bal gaat tijdens het stuiten verloren?
Jermaine wil de zwaarte-energie van de bal berekenen, voor en na het stuiten.
- Hij weet dat hij de beweging van de bal kan vastleggen met een videocamera.
- Hij heeft bedacht dat hij een meetlat op de achtergrond mee kan filmen. Zo kan hij de beginhoogte en de terugstuit-hoogte straks nauwkeurig bepalen.
- Verder heeft hij ook de massa van de bal nodig, maar die kan hij eenvoudig meten met een weegschaal of een balans.

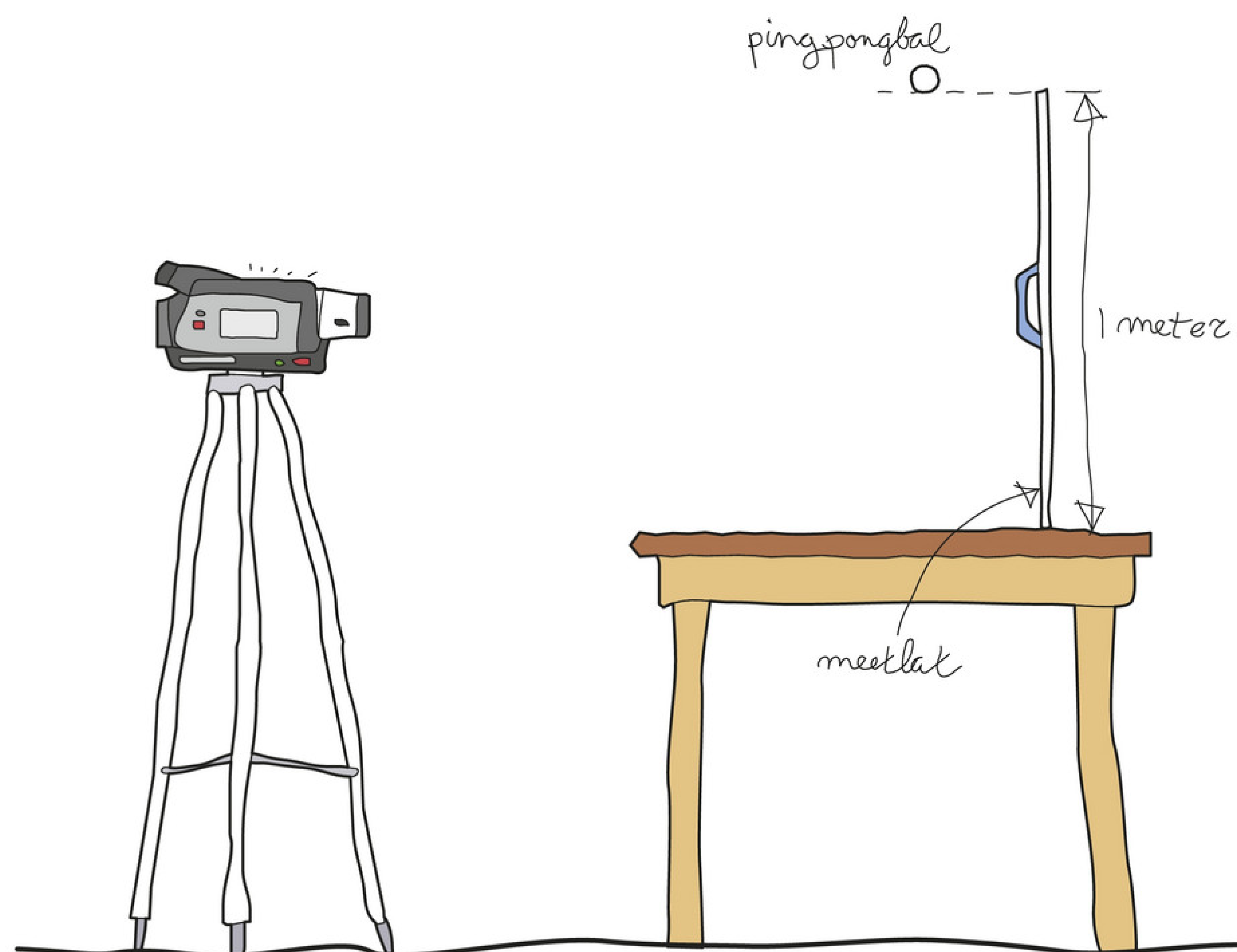
In afbeelding 9 zie je het werkplan van Jermaine.

▼ **afbeelding 9**
Jermaines werkplan

Werkplan
Ik wil de volgende grootheden meten:
- **de hoogte *h* van de bal, voor en na het stuiteren**
- **de massa m van de bal**

Ik heb de volgende spullen nodig:
- **pinpongbal**
- **meetlat**
- **videocamera op driepoot**
- **computer**
- **weegschaal**

Dit is de opstelling die ik ga maken:



Ik laat het balletje een paar keer stuiteren en maak ondertussen opnamen met de videocamera. Ik ga daarna de video-opnamen bekijken op de computer.

Ik bepaal de beginhoogte en de terugstuit-hoogte met behulp van de meetlat achter het ballejte. Ik bepaal de massa van het balletje met de weegschaal.

Ik gebruik de formule $E_z = m \cdot g \cdot h$ om de zwaarte-energie te berekenen voor en na het stuiteren.

- **Stap 3: Meten en verwerken**
  Je gaat nu metingen uitvoeren en uitwerken. Zie de vaardigheden 3, 5, 8 en 9.

- **Stap 4: Conclusies trekken**
  Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Probeer een antwoord te geven op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af wat er in je onderzoek beter had gekund. Tot slot kun je nog aanbevelingen doen voor verder onderzoek.

- **Stap 5: Een verslag maken**
  Tot slot maak je een verslag van je onderzoek. Zie vaardigheid 12.

12 Een verslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er allemaal is gebeurd.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de naam van je docent, de datum en het jaartal.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
1 welke grootheden je hebt gemeten;
2 welke practicumspullen je hebt gebruikt;
3 wat voor opstelling je hebt gemaakt (maak een tekening);
4 wat je precies hebt gedaan:
   - Welke metingen heb je uitgevoerd?
   - Hoe heb je de meetresultaten verwerkt (tekenen/berekenen)?
   - Welke berekeningen heb je uitgevoerd (inclusief formules)?

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je in de vorm van tekst, tabellen, grafieken, foto's en dergelijke wat je hebt waargenomen of gemeten.

§ 4 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund, en kun je aanbevelingen doen voor verder onderzoek.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren.

Een aantal aanwijzingen:
- Maak je verslag als het even kan met de computer.
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg ervoor dat er ruime marges overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf. Sla daarna een regel over.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.

Trefwoordenregister

Colofon

Auteurs:
Frits Kappers
Coert Schatorjé

Eindredactie:
Lineke Pijnappels

Met medewerking van:
R. Tromp
M. Eijkelkamp
Th. Smits

Ontwerp:
Uitgeverij Malmberg

Ontwerp omslag:
Buro De Kuiper in samenwerking met
Uitgeverij Malmberg

Foto omslag:
Shutterstock

Openingsbeelden binnenwerk:
Shutterstock; Hollandse Hoogte, Den Haag; Getty Images

Beeldverwerving:
B en U International Picture Service, Amsterdam

Illustraties:
Erik Eshuis Infographics, Groningen; Herman Sittrop
Grafisch Realisatie Bureau, Nijmegen

Foto's:
123RF; Autoweek; Getty Images; Image Select, Wassenaar; Hollandse Hoogte, Den Haag; iStockphoto; Nationale Beeldbank, Amsterdam; Techniekbeeldbank; Shutterstock; Voermans Van Bree Fotografie, Arnhem; Vos Instrumenten BV, Zaltbommel

Opmaak:
Nieuwe Stijl, Den Haag

ISBN: 978 90 345 8776 3
Vierde editie, vierde oplage

MALMBERG

AUTEURS:
F. Kappers
C. Schatorjé

EINDREDACTIE:
L. Pijnappels

MET MEDEWERKING VAN:
R. Tromp
M. Eijkelkamp
Th. Smits

ISBN 978 90 345 8776 3



553806

MALMBERG